

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»
ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування
Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною
програмою

«На правах рукопису»

УДК 62-1/-9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Гондляр

О.В.

« _____ » _____ 2019р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

спеціалізація Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування

на тему: Лінія фасування лакових розчинників у ПЕТ-тару з модернізацією розливного апарату

виконав студент 2 курсу, групи ЛУ-81мп

Рябошапка Данило Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Науковий керівник _____ проф. Колосов О. Є.

Консультант (модернізація) _____ проф. Щербина В.Ю.

Консультант (ТМ та Е) _____ ст. викл. Борщик С.О.

Консультант (механотроніка) _____ доц. Левченко О.В.

Рецензент _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань

Студент _____

Київ 2019 рік

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»**

ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра хімічного полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 131 – Прикладна механіка

Спеціалізація - Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання пакування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ О.В.Гондлях

«__» _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Рябошапка Данило Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації Лінія фасування лакових розчинників у ПЕТ-тару з модернізацією розливного апарату

Науковий керівник дисертації проф.Коваленко І.В.,
затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Строк подання студентом дисертації _____

3. Об'єкт дослідження: автомат розливу

4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): продуктивність 800 шт./год, вид пакувальної тари
транспортна тара - піддон, матеріал деревина, дроту 3,5, керування
системою електронне, PLC, привід виконавчих механізмів пневматичний,
параметри електромережі 220 В; 50 Гц; 2 кВт, швидкість конвеєрів 0,4 м/с,
габарити: довжина 12000 мм, ширина 1800 мм, висота 2200 мм.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: Магістерська дисертація включає такі розділи: «Зміст», «Вступ», «Призначення та галузь застосування лінії», «Технічна характеристики базової машини», «Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії», «Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації», «Розрахунки», «Охорона праці», «Технологія монтажу та експлуатації», «Механотроніка», «Стартап-проект», «Висновки», «Перелік посилань».

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу Лінія виробництва та пакування цементу – 1лист, А3; Пакетоформувальна машина – 1лист,

А3;Стрічковий конвеєр з модернізацією – 1лист, А3; Пластинчастий конвеєр з

модернізацією – 1лист, А3;Натяжний пристрій – 1лист, А3; 3D модель натяжного

пристрою – 1лист, А3; Математична модель і результати розрахунків – 2лист,

А3;Автоматизація пакетоформувальної машини– 1лист, А3;

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези на X Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Підвищення продуктивності пакетоформувальної машини для пакування будівельної суміші» (12-13 грудня 2019р.); тези на X Всеукраїнську науково-практичну конференцію «Підвищення довговічності роботи пластинчастого конвеєра» (12-13 грудня 2019р.);

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О., ст.викл.		
Модернізація	Щербина В.Ю., доц.		
Автоматизація	Левченко О.В., доц.		
Перевірка на оригінальність	Щербина В.Ю., доц.		

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ		
2	Призначення та галузь застосування лінії		
3	Опис конструкції пакетоформуальної машини та принцип роботи		
4	Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації		
5	Охорона праці		
6	Стартап-проект		
7	Розрахунки які підтверджують працездатність машини		
8	Монтаж та експлуатація машини		
9	Автоматизація		
10	Висновки		
11	Оформлення ПЗ		
12	Оформлення креслень		

Студент

(підпис)

Рябошапка Д.С.

Керівник дисертації

(підпис)

Коваленко І.В.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	1
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ГАЛУЗЬ ЗАСТОСУВАННЯ ЛІНІЇ РОЗЛИВУ РІДИН У ПЛЯШКИ.....	4
2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗОВОЇ МАШИНИ	5
3 ОПИС БАЗОВОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ЇЇ ОСНОВНИХ ЧАСТИН ТА ПРИНЦИПУ ДІЇ.....	6
3.1 ПРИНЦИП ДІЇ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТРАНСПОРТЕРА	7
3.2 ПРИНЦИП ДІЇ РОЗЛИВНОГО АВТОМАТУ	9
3.3 ПРИНЦИП ДІЇ ШТАМПУЮЧО-УКУПОРЮВАЛЬНОГО АВТОМАТА.....	11
3.4 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП ДІЇ БРАКЕРАЖНОГО АВТОМАТУ.....	12
3.5 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ЕТИКЕТУВАЛЬНОГО АВТОМАТУ.....	13
3.6 ПРИНЦИП РОБОТИ АВТОМАТА ДЛЯ ЗАВАНТАЖЕННЯ ПЛЯШОК В ЯЩИКИ.....	14
4 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ, ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНОЇ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	16
4.1 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ РОЗЛИВНОГО АВТОМАТУ.....	16
4.2 ЛІТЕРАТУРНИЙ ТА ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД ТА ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТРАНСПОРТЕРУ.....	20
5. РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ РОЗМІРИ	2
5.1 КІНЕМАТИЧНІ ТА ПАРАМЕТРИЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	2
5.1.1 РОЗРАХУНКИ ПЛАСТИНЧАСТОГО ТРАНСПОРТЕРУ.....	2
5.1.2 РОЗРАХУНОК РОЗЛИВНОГО АВТОМАТУ.....	9

5.1.3 РОЗРАХУНОК ШТАМПУВАЛЬНО-ЗАКУПОРЮВАЛЬНОГО АВТОМАТА.....	14
5.2 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ.....	16
5.2.1 РОЗРАХУНОК З'ЄДНАННЯ ГОРЛИЧКА ПЛЯШКИ З ПРОБКОЮ.....	16
5.2.2 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ВАЛА.....	16
5.3. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ НАДІЙНІСТЬ.....	18
5.3.1 РОЗРАХУНОК БЕЗВІДМОВНОСТІ.....	18
5.3.2 МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ОБЛАДНАННЯ.....	21
5.4 РОЗРАХУНОК ВИКОНАНИЙ ЗА ДОПОМОГОЮ МОВИ ПРОГРАМУВАННЯ «СІ».....	30
6. РОЗРАХУНОК ПЛЯШКИ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМИ «ВЕСНА»	
7. АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ.....	21
7.1 ЛІНІЯ ДЛЯ РОЗЛИВУ РІДИН ЯК ОБ'ЄКТ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	22
7.2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ РОЗЛИВНОГО АВТОМАТУ.....	23
8. МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ	
9. ОХОРОНА ПРАЦІ БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	48
10 СТАРТАП.....	
10.1 МЕТОДИКА РОЗРАХУНКІВ НА БАЗІ ЧИСТОЇ ПРИВЕДЕНОЇ ВАРТОСТІ ПРОЕКТУ.....	
10.2 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗАЦІЇ РОЗЛИВНОЇ МАШИНИ.....	
ВИСНОВКИ.....	
ЛІТЕРАТУРА.....	87

Реферат

У роботі розглянена лінія фасування лакових розчинників у ПЕТ-тару з модернізацією розливного апарату. Також додатково було обрано модернізацію пластинчастого транспортера.

Розроблювана конструкція – розливна машина – дозволяє виконувати операцію розливу рідин у ПЕТ-тару об'ємом 0,25 – 0,5 літра.

Розроблена модернізація представляє собою апарат, який включає стіл, блок управління апаратом з пневмосистемою та на верхній рухомій траверсі встановлений розливний блок, на нижній траверсі – закупорювальний блок, а гнізда для утримання пляшок за горлечка розташовані на поворотній каруселі під розливним блоком і блоком закупорювання пляшок. Голівки розливного блоку оснащені наливними трубками. Це все дає змогу підвищити продуктивність, а також знизити час контакту токсичного продукту з навколишнім середовищем.

РОЗЛИВНА МАШИНА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, РОЗЛИВНИЙ БЛОК, ЗАКУПОРЮВАЛЬНИЙ БЛОК, ЧАС КОНТАКТУ.

Реферат

В работе рассмотрена линия фасовки лаковых растворителей в ПЭТ-тару с модернизацией узла розлива. Также дополнительно была выбрана модернизация пластинчатого транспортера.

Разрабатываемая конструкция – разливная машина – позволяет выполнять операцию розлива жидкостей в ПЭТ-тару объемом 0,25 - 0,5 литра.

Разработанная модернизация представляет собой аппарат, который включает стол, блок управления аппаратом с пневмосистемой и на верхней подвижной траверсе установлен разливной блок, на нижней траверсе – укупорочный блок, а гнезда для удержания бутылок горлышка расположены на возвратной карусели под разливным блоком и блоком укупорки бутылок. Головки разливного блока оснащены наливными трубками. Это все позволяет повысить производительность, а также снизить время контакта токсичного продукта с окружающей средой.

РАЗЛИВОЧНАЯ МАШИНА, МОДЕРНИЗАЦИЯ, РАЗЛИВОЧНЫЙ БЛОК, УКУПОРОЧНЫЙ БЛОК, ВРЕМЯ КОНТАКА.

Abstract

In this work considered PET bottling line for lacquer thinners with modernisation of filling and capping unit. Also, the plate conveyor was chosen as additional modernization.

Developed construction - filling machine - It enables to fill liquid in PET bottles in volume of 0.25 - 0.5 liters.

Developed modernization is a device that includes a table, the control unit device with pneumatic system and on top of the moving traverse mounted bottling unit, on the lower traverse - capping unit and jacks for keeping bottles by the neck located on a rotating carousel under filling unit and capping unit. The head of filling unit equipped with liquid bulk tubes. This all makes it possible to increase productivity, and reduce contact time of toxic products with the environment.

FILLING MACHINE, MODERNIZATION, FILLING UNIT, CAPPING UNIT,
CONTACT TIME

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Умовні позначення:

D, d – діаметри, м;

E – модуль пружності, МПа;

G – вага, Н;

H, h – висота, м;

L – довжина, м;

m – маса, кг;

N – потужність, Вт;

n – частота обертання, с^{-1} ;

Q – продуктивність, кг/с;

S – площа, м^2 ;

t – температура, $^{\circ}\text{C}$;

U – передаточне число;

V – швидкість, м/с.;

α – кут;

β – кут;

γ – питома вага рідини;

Δ – різниця;

ε – деформація;

μ – коефіцієнт тертя, м;

ν – коефіцієнт Пуассона

ρ – густина, кг/м^3 ;

σ_T – межа текучості, МПа;

τ – час, с;

ω – кутова швидкість, рад/с

Умовні скорочення:

ГДК – гранично допустима концентрація;

МСЕ – метод скінченних елементів;

НДС – напружено-деформований стан;

ФМ – функціональний модуль;

NPV – Чиста приведена вартість;

NCf – Чистий грошовий потік.

Символи:

\varnothing – діаметр;

∇ – оператор Гамільтона («набла»);

\sim – приблизно;

Σ – сума;

∞ – нескінченність.

Вступ

Метою дипломного проекту, є розробка і проектування технологічної лінії, а також модернізація розливної машини для розливу лакових розчинників.

На сьогоднішній день розвиток пакувальної індустрії характеризується реконструкцією, технічним переоснащенням діючих, а також будівництвом нових, сучасних підприємств. Найголовнішою функцією, що виконує упаковка, є збереження в якісному вигляді пакованої продукції під час її транспортування, складування та реалізації. Саме тому, під час процесу пакування мають виконуватись усі відповідні вимоги згідно усіх стандартів. Важливою технологічною операцією у пакувальній промисловості являється розлив рідини у пляшки.

У дипломному проекті розглядається лінія розливу лакових розчинників у ПЕТ-тару. Ця тара застосовується для розливу токсичних та летючих рідин. Лакові розчинники відносяться саме до цієї категорії, пари яких є дуже шкідливими для людини та навколишнього середовища. Реалізація даного процесу пакування можлива за наявності відповідного рівня технічних засобів, таких як: машини автоматичної та напівавтоматичної дії, агрегати, автоматизовані потокові лінії тощо.

В результаті модернізації розливної машини спроектована нова, покращена в порівнянні з аналогом конструкція. Даний результат досягається за допомогою встановлення у розливну машину закупорювального блоку, завдяки чому зменшується час між процесами розливу та закупорювання пляшки, що в свою чергу сприяє підвищенню продуктивності машини, та зменшується кількість викидів токсичних речовин у довкілля.

1 Призначення та галузь застосування лінії розливу рідин у пляшки

Автоматизовані лінії дозволяють виробникам збільшувати продуктивність, відповідно – обсяги реалізації продукції, у порівнянні з методами “ручного” розливу, або у порівнянні з іншим аналогічним устаткуванням.

Дана лінія призначена для розливу рідких технічних продуктів (етилового та метилового спирту, розчинників, засобів для зняття старої фарби) у ПЕТ-тару.

До складу лінії входять пластинчатий транспортер, який транспортує пляшки до автоматів, автомат для вилучення пляшок з ящиків, який виставляє пляшки на транспортер, розливний автомат, штампувально-закупорювальний автомат, бракеражний автомат, етикетувальний автомат та автомат для завантаження пляшок у ящики.

2 Технічна характеристика базової машини

В ролі базової машини в даному дипломному проекті виступає «Лінія розливу рідин у пляшки».

Продуктивність, пл/год.....	2500
Напруга живлячої мережі, В.....	220
Частота в мережі, Гц.....	50
Встановлена потужність, кВт.....	11,8
Середня споживана потужність, кВт.....	1,83
Кінематична продуктивність, пл./хв	41

Реальна продуктивність лінії залежить від об'єму пляшки (при об'єму пляшки 250 мл продуктивність зростає до 3000 пл/год), від температури.

Габаритні та технологічні розміри пляшок, які використовують на даній лінії	
Ємність пляшки, л.....	0,25 - 0,5
Висота пляшки, м.....	0,15 - 0,3
Діаметр пляшки, м.....	0,05-0,1
Товщина стінки пляшки, мм.....	не менше 2
Зовнішній діаметр горличка пляшки, м.....	0,025-0,04
Внутрішній діаметр горличка пляшки, мм.....	не менше 10

3 Опис базової конструкції, її основних частин та принципу дії

Лінія розливу (Рисунок 3.1) рідин у пляшки складається з автоматів.

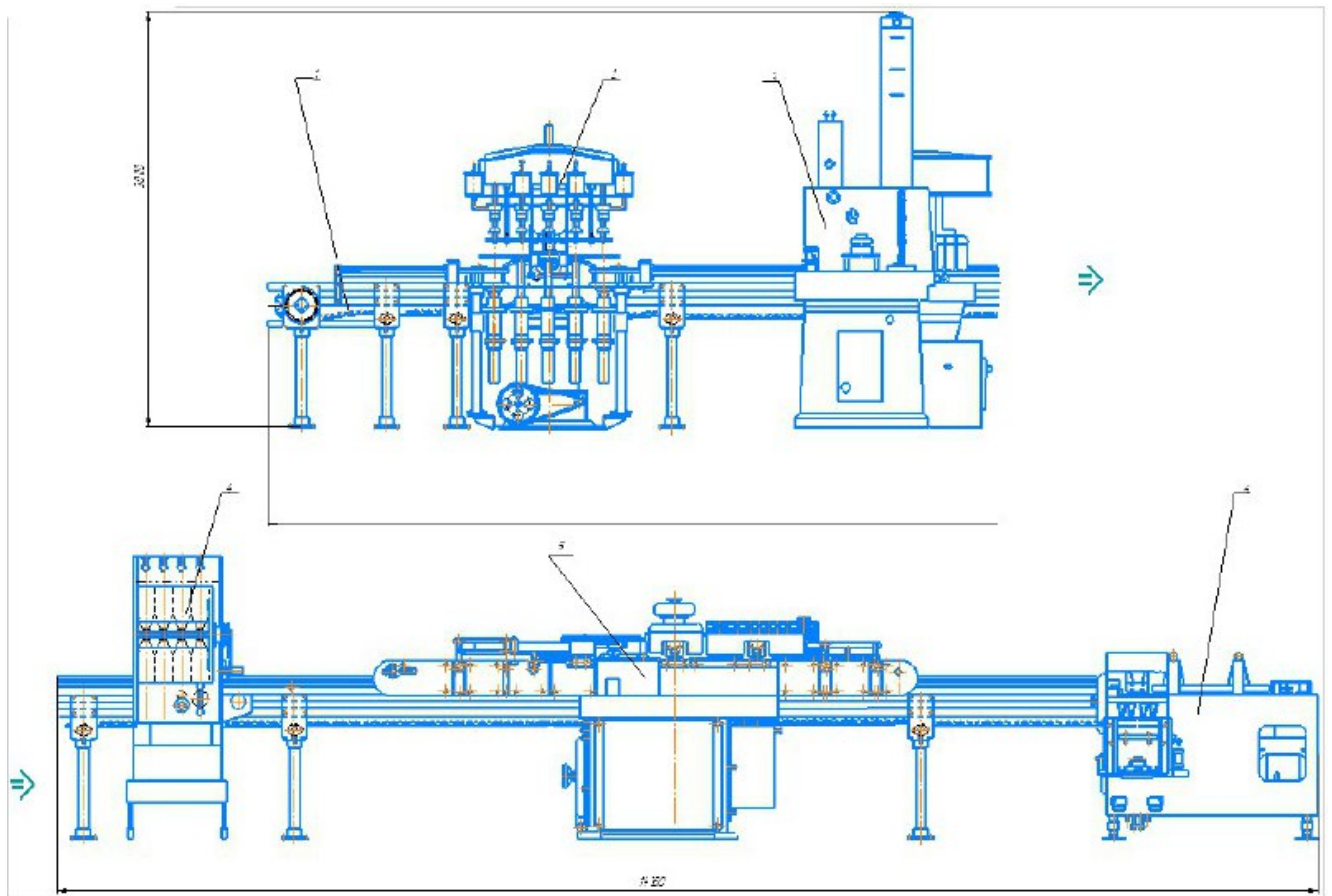


Рисунок 3.1 Лінія розливу рідин у пляшки

В склад лінії входять: 1 – пластинчастий транспортер, 2 – розливний автомат, 3- штамповочно-укупорювальний агрегат, 4 – бракеражний автомат, 5 – етикетувальний автомат, 6 – автомат для завантаження пляшок в ящики.

Розглянемо окремо автомати, що належать до складу лінії в відповідному порядку.

3.1 Принцип дії пластинчастого транспортера

Ланцюгові пластинчасті транспортери (рис 3.2) служать для переміщення ПЕТ-пляшок. Транспортер включає в себе втулочно-роликові сталі ланцюги. До

котрих кріпляться пластини, які переміщують пляшки. Дані транспортери можуть переміщувати пляшки по горизонтальній площині (нахил площини - не більше 6°).

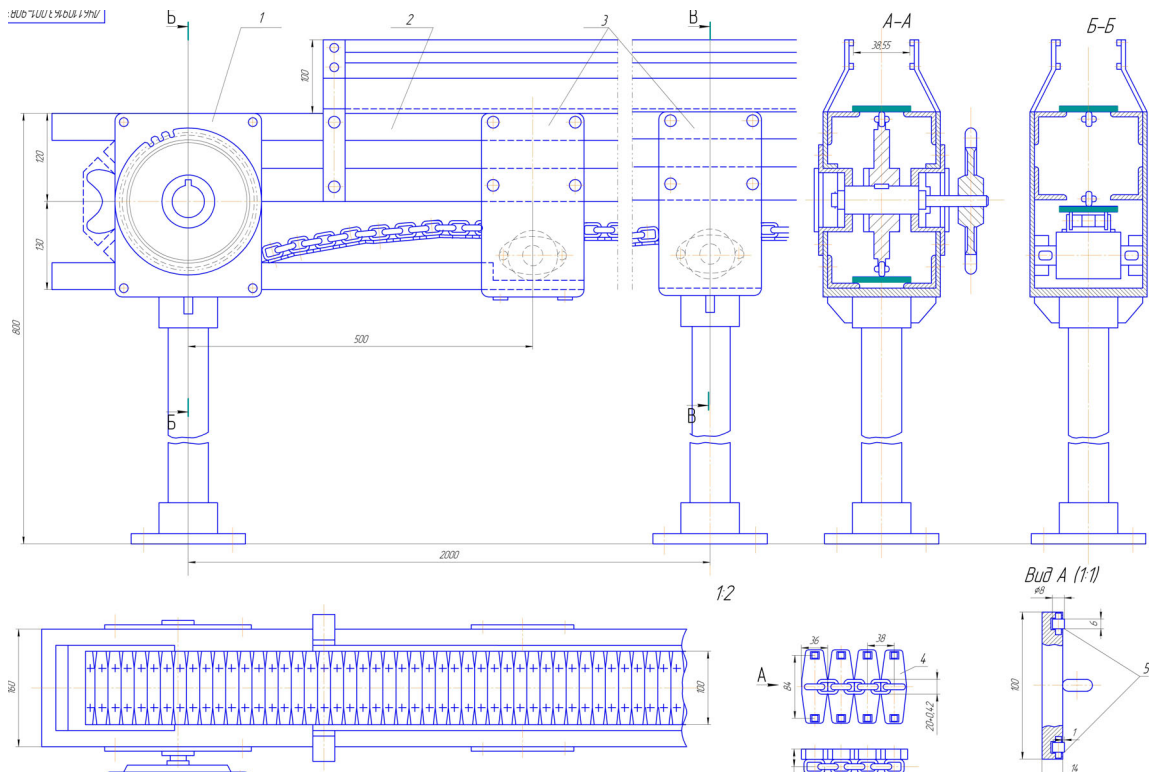


Рис 3.2 Пластинчастий транспортер

Транспортер включає в себе: приводна станції 1, несуча рами 2, приводна та натяжна станцій 3, пластини живильника 4. Усі вузли транспортера нормалізовані та уніфіковані.

Потужність: 1,0 - 2,3 кВт

3.2 Принцип дії розливного автомату

Принцип роботи розливного автомату полягає в тому, що пляшки проходять через крокомір, який виключає не рівність подачі пляшок, потрапляють на проміжний столик, звідки пляшки зіштовхуються штовхачем на підйомні столики 3 (рис 3.4). Під дією пружин при накочуванні роликів на підйомну частину копіру столики з пляшками піднімаються до дозувальних приборів. Пляшки піднімаючись до дзвіночків центруються ними і продовжує рух в гору.

Як тільки дзвіночок упирається у траверсу 16 (ЛУ61.109162.005-90 ПЗ) від тиску пляшки траверса зі штоками 13 і коромислом 8 починає підніматись, стискаючи пружини 14 і звільнюючи від затиску трубку 10.

Під дією пружини 15 трубка 10 та зв'язаний з нею стакан 23 теж піднімаються, гумовий клапан 6 щільно підходить до поверхні втулки 24 і вихід

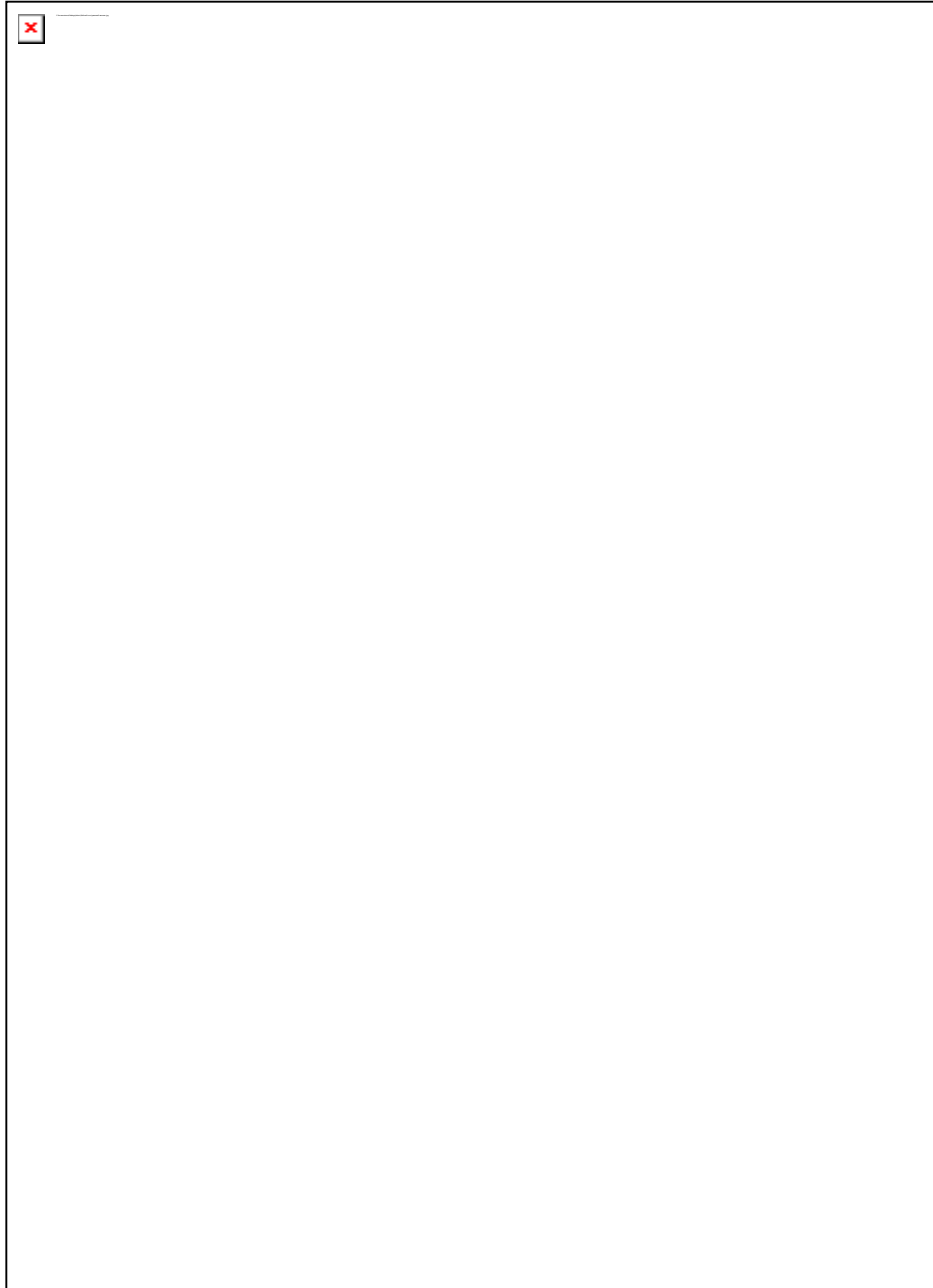


Рисунок Рисунок 3.4 - Розливний автомат

рідини з витратного резервуару зупиняється. При подальшому підйомі коромисло 8 впирається в кільце 1 та піднімає стрижень 9 з клапаном 25 і рідина з дозуючого прибору через трубку 27 переливається в пляшку. Повітря з пляшки виходє крізь бокові отвори в стінках дзвіночка. Дозуючий прибор з'єднаний з витратним резервуаром крізь ніпель. При проходженні півкола ролики підйомних столиків накочуються на копір і вже наповненні пляшки опускаються, виходять з автомату за допомогою крокоміра.

3.3 Принцип дії штампуючо-укупорювального автомата та опис конструкції

Штампуючо-укупорювальний агрегат виконує штамповку поліетиленових ковпачків в горличко пляшки з наступним закручування різьбовою пробкою.

Агрегат включає в себе два взаємодіючі автомати які встановлені поблизу та з'єднані жолобом 6 (рис 3.5).

При падінні автомат 1 відцентровує полімерні кришки позиціювачем та розміщує кришки у зоні потоку кришок 2 та передає у жолоб 6, який розташований зверху падаючого автомата. Автомат укупорювальний 9 виконує укупорювання пляшок, тобто нагвинчує кришка та заштамповує пробку.

Принцип роботи автомата 9: пляшка, проходить до гнізда які розміщені знизу штамповочної головки 7, де заштамповується ковпачок(поліетиленовий). Після чого завантажувальною зірочкою 10 пляшки передаються з конвеєра до підйомного столик . Рухаючись по колу та водночасно піднімаючись зі столиком, пляшки потрапляють горлечком в механізм загвинчування головки автомата, у котрому на горличко тари нагвинчується кришка. Потім пляшка потрапляє на транспортера.

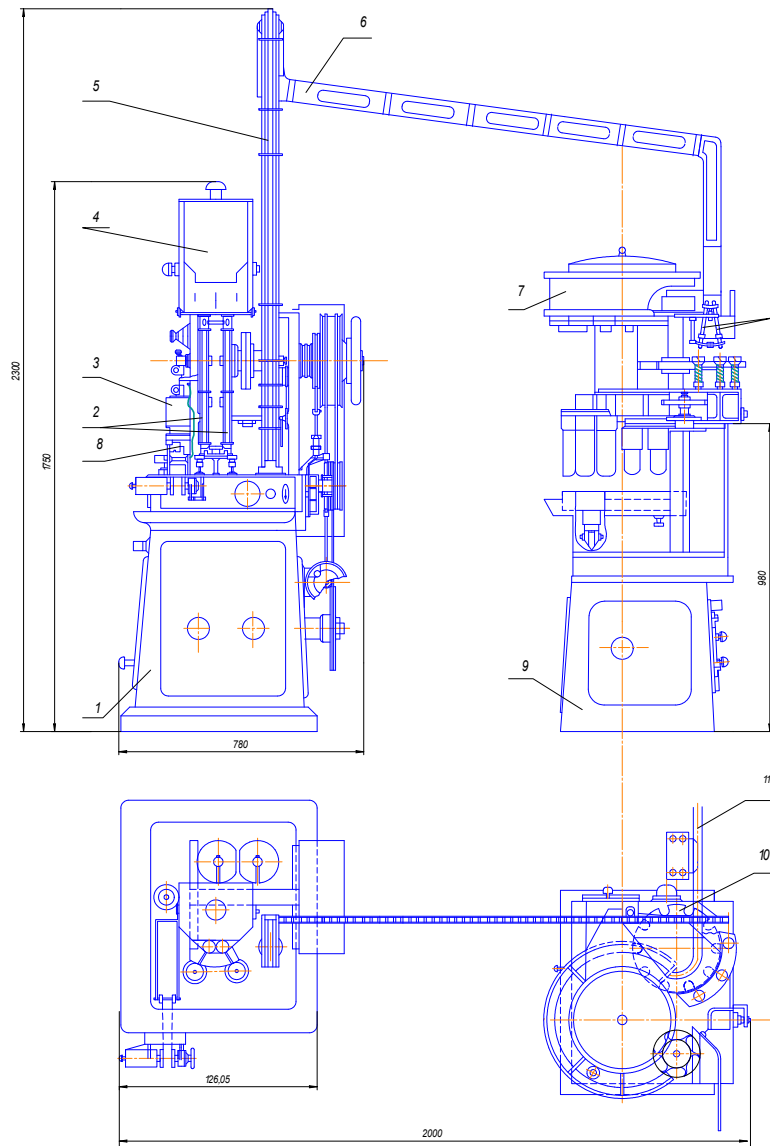


Рисунок 3.5 Штамповочно-укупорювальний агрегат

3.4 Опис конструкції та принцип дії бракеражного автомату

Інспекційний автомат для перевертання пляшок, автомат просвічує пляшки для бракеражу ПЕТ-тари ємністю 0,5 літра і продуктивністю 3000 пляшки за 60 хвилин (Рисунок 3.6). Автомат включає в себе поворотну касету-барабану, котра розташована на станині з механізмом випуску та впуску пляшок. Пляшки перевертаються за допомогою касети-баран з затримкою задля просвічування перед світловим екраном

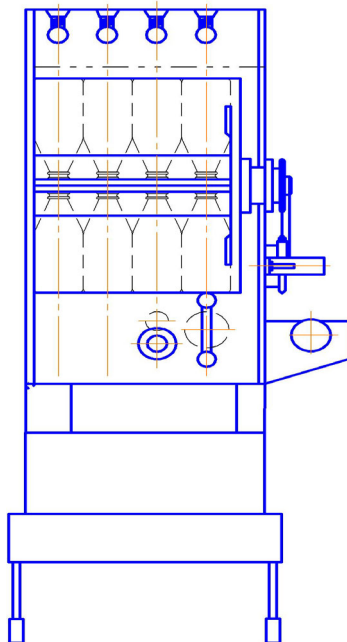


Рисунок 3.6 Бракеражний автомат

Перша партія (4 пляшки) проходить до бракеражного автомату. Під час перевертання першої партії пляшок, яка затримується у верхньому положенні, наступна партія потрапляє у пази, які знаходяться у нижньому положенні. У момент коли перша партія опускається, друга партія піднімається і просвічується, а перша партія потрапляє на транспортер і виїжджає з автомату. Браковані пляшки вилучаються вручну з транспортеру.

3.5 Опис конструкції та принцип роботи етикетувального автомату

Етикетувальний автомат наклеює етикетку на пляшки ємністю від 0,25 до 0,5 літра. Продуктивність 6000 пл/год (Рисунок 3.7).

Принцип роботи автомату: пляшки після бракеражу підходять по транспортеру до автомату у котрому подаються крокоміром, після крокоміру біля вакуумної головки, котра транспортує етикетку(етикетка змащується клеєм) з магазину етикеток, на пляшку наносить етикетку. Потім пляшка з етикеткою рухаючись по пластинчастому транспортеру проходить систему роликів, які притискають та розгладжують етикетку.

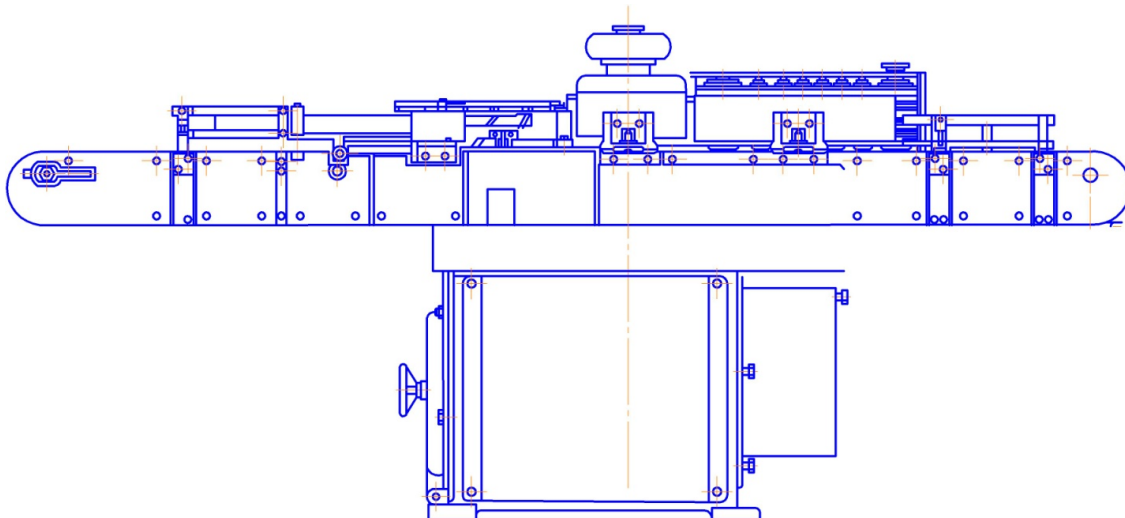


Рисунок 3.7 Етикетувальний автомат

3.6 Принцип роботи автомата для завантаження пляшок в ящики

Автомат виконує укладання пляшок в ящики. Продуктивністю 6000 пл/год.

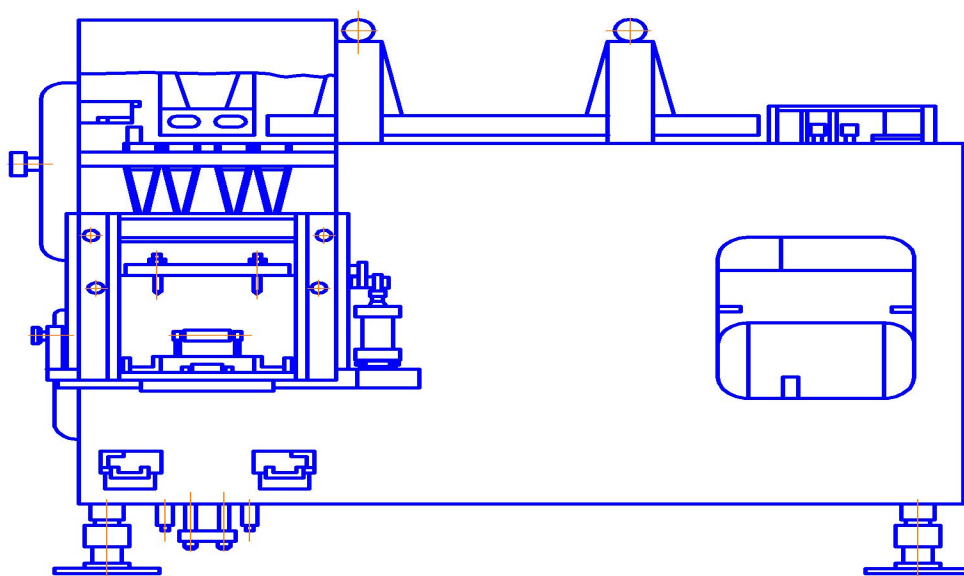


Рисунок 3.8 Автомат для завантаження пляшок в ящики

Автомат працює наступним чином(Рисунок 3.8). При виході ПЕТ-пляшок, наповненні лаковими розчинниками, з пластинчастого транспортеру шнек

транспортує пляшки до штовхача. Лише після розтушування 4 пляшок перед штовхачем, партія зіштовхується і попадають в ящик котрий розташований в станини(нижня частина). Потік пляшок перекривається під час зіштовхування пляшок . Коли штовхач повертається, ящик проходить на відстань потім в ящик формується друга партія. Після 5 циклів ящик наповнюється.

4 Літературний та патентний огляд стану питання, обґрунтування запропонованої модернізації

4.1 Перелік знайдених патентів з метою вибору доцільного технічного рішення

1. Пластинчастий транспортер [7].

Корисна модель належить до обладнання для транспортування переважно поштучних вантажів, зокрема до транспортерів, і може бути використана в пакувальній, харчовій, хімічній промисловості.

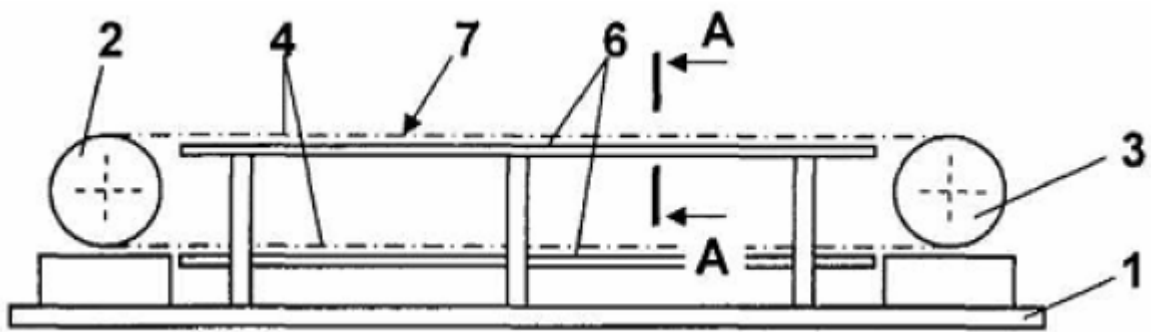


Рисунок 4.1 – Пластинчастий транспортер

Пластинчастий транспортер, що містить раму, приводну й натяжну станції, щонайменше один тяговий ланцюг із закріпленими на ньому вантажними пластинами, що встановлені з можливістю взаємодії з напрямними, кожен з яких виконано у вигляді кутика, який відрізняється тим, що кожен з напрямних, розміщених під верхньою гілкою тягового ланцюга, змонтовано з можливістю повороту навкруги її поздовжньої осі на 90° і фіксації в заданому положенні.

2. Пластинчастий транспортер [8].

Пластинчастий транспортер містить раму, приводну й натяжну станції, щонайменше один тяговий ланцюг із закріпленими на ній вантажними пластинами, що встановлені з можливістю взаємодії з напрямними. Кожен з напрямних виконано

у вигляді труби з нанесеним на її зовнішній поверхні антифрикційним покриттям. При цьому трубу змонтовано з можливістю повороту навкруги її поздовжньої осі й фіксації в заданому положенні.

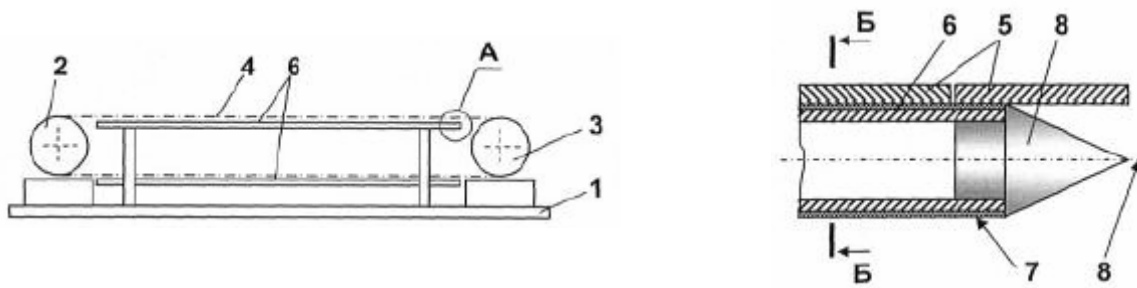


Рисунок 4.2 – Пластинчастий транспортер

Запропонований транспортер відрізняється тим, що кожен з напрямних виконано у вигляді труби з нанесеним на її зовнішній поверхні антифрикційним покриттям, при цьому трубу змонтовано з можливістю повороту навкруги її поздовжньої осі й фіксації в заданому положенні. Антифрикційне покриття виконано з політетрафторетилену.

3. Пластинчастий конвеєр [9].

Винахід відноситься до транспорту безперервної дії, а саме до магістральних пластинчастих конвеєрів збільшеної довжини. Технічним результатом є підвищення надійності роботи пластинчастого конвеєра збільшеної довжини.

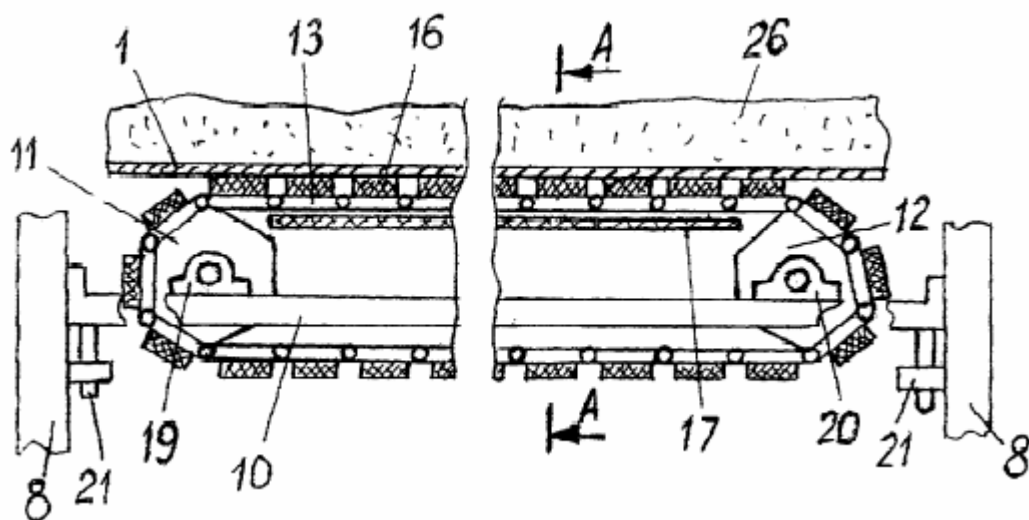


Рисунок 4.3 – Пластинчастий транспортер

Пластинчастий конвеєр, що містить пластинчасту стрічку, що складається з настилу, прикріпленого до двох тягових ланцюгів з ходовими катками з можливістю їх пересування по напрямних, закріплених на стійках. Проміжні приводи, кожен з яких складається з нескінченно замкнутого на приводній і натяжній зірочках тягового органу, що включають пластинчасті ланцюги, з можливістю взаємодії тягового органу з пластинчастою стрічкою, відрізняється тим, що розміщені навпроти один одного по ширині тягового органу ланки пластинчастих ланцюгів з'єднані між собою П-подібними балками з закріпленими на їх верхніх перекладинах змінними накладками із еластичного матеріалу з можливістю їх взаємодії з зовнішньою поверхнею настилу пластинчастої стрічки. В свою чергу пластинчасті ланцюги верхньої гілки тягового органу в прольотах між приводною і натяжною зірочкою розміщені з можливістю їх взаємодії з опорами, при цьому корпусу підшипників приводної і натяжної зірочки і згадані опори проміжного приводу встановлені на рамі з можливістю її зміщення у вертикальній площині щодо стійок конвеєра і фіксації на них за допомогою гвинтових механізмів, в отворах між тяговими ланцюгами пластинчастої стрічки і пластинчастими ланцюгами тягового органу проміжного приводу і з мінімальними зазорами щодо настилу пластинчастої стрічки в прольоті між приводною і натяжною зірочками проміжного приводу на кронштейнах стійок конвеєра закріплені магніти.

4. Пластинчастий транспортер [10].

Пластинчастий конвеєр містить лінійні і перехідні рештаки, ведучий і натяжний барабани, електроприводи, ланцюги та направляючі. Транспортування вантажів виконують на вантажнонесучих пластинах, які спираються на вісі, на яких встановлені ролики, оснащені шарикопідшипниками, котрі котяться при русі вантажнонесучих. Тяги з'єднують два тягових ланцюги з тяговими пластинами, що рухають вісі. Вісі з'єднані між собою по обидва боки транспортного засобу стяжками.

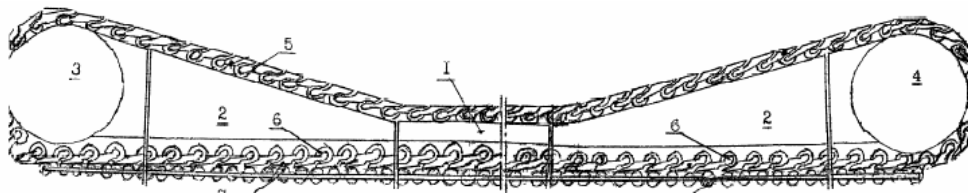


Рисунок 4.4 – Пластинчастий транспортер

Запропоноване технічне рішення відрізняється тим, що транспортер містить проміжні провідні і натяжні барабани з власними електроприводами, що забезпечують натяг і оборот руху тільки тягових ланцюгів, при цьому вантажонесучі і холості гілки здійснюють рух через проміжні барабани без зміни напрямку.

5. Вузол закупорювання пляшки [11].

Корисна модель належить до хімічної промисловості, зокрема до пристроїв, призначених для зберігання і/або транспортування ємностей. Недоліком закупорювального вузла є недостатньо надійне скріплення пробки з внутрішньою порожниною роздавального пристрою, що викликає можливе провертання кришки разом з роздавальним пристроєм відносно пробки та ускладнює відкривання пляшки. Також недоліком відомого пристрою є недостатньо надійне скріплення поздовжніх виступів роздавального пристрою з відповідними ребрами на горловині пляшки, що викликає можливе провертання кришки разом з роздавальним пристроєм відносно пляшки та ускладнює її відкривання.

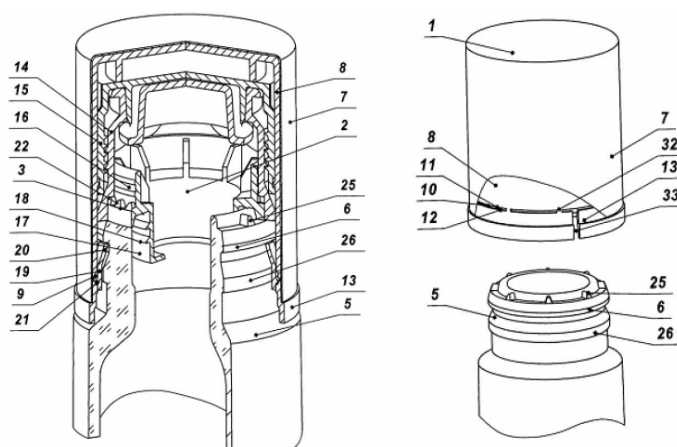


Рисунок 4.5 – Вузол закупорювання пляшки

Даний вузол відрізняється тим, що верхня опорна кільцева поверхня пробки містить стопорні елементи для попередження прокручування роздавального пристрою відносно пробки та примикає до відповідних конгруентно розташованих стопорних елементів, виконаних у порожнині роздавального пристрою, а нижня опорна кільцева поверхня пробки оснащена фіксуючими зачепами для зчеплення з торцем горловини пляшки, на поверхні якого із заданим кроком виконані стопорні ребра для попередження прокручування пробки відносно горловини пляшки.

6. Вузол закупорювання пляшки з рідиною [12].

Вузол закупорювання пляшки з рідиною, що характеризується наявністю горловини пляшки, на котру посаджено закупорювальний пристрій, який містить: внутрішню різьбу, внутрішній осьовий тримач, який виконано у вигляді пальця, роздавальний пристрій, який містить: зовнішню різьбу, яка взаємодіє зі згаданим внутрішнім різьбленням згаданої кришки, роздавальний отвір для згаданої рідини, отвір для згаданого осьового тримача, щонайменше один засіб фіксації згаданого роздавального пристрою на горловині згаданої пляшки, пробку з наскрізним отвором, яка пов'язана з внутрішньою поверхнею роздавального пристрою, засіб індикації розкриття, який розташовано всередині згаданого наскрізного отвору пробки та містить: хвостовик, який розташовано з одного боку згаданого засобу індикації, в якому виконано посадковий отвір для закріплення засобу індикації на осьовому тримачі, індикаційний блок розкриття, який розташовано опозитно згаданому хвостовику.

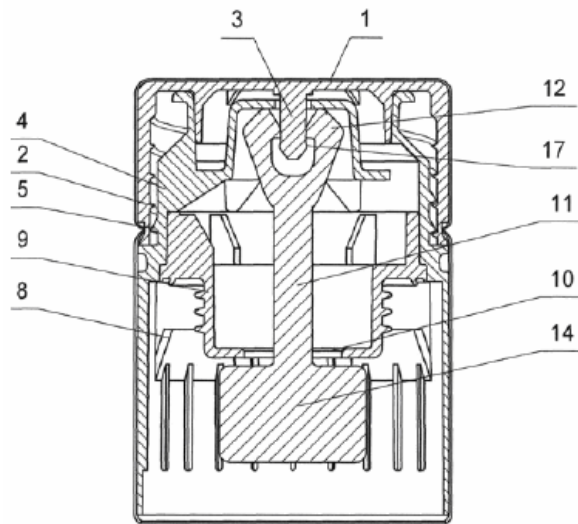


Рисунок 4.6 – Вузол закупорювання пляшки з рідиною

Дана конструкція відрізняється тим, що в хвостовику виконано додатковий отвір, який сполучається з нижньою частиною згаданого посадкового отвору і утворює стопорну кромку, при цьому осьовий тримач встановлено в посадковому отворі з натягом.

7. Розливна машина обертального типу [13].

Винахід призначений для розливу рідин у пляшки. Машина містить ротор, розташований на ньому котел, внутрішній простір якого утворює займаний рідким продуктом обсяг для рідини і вищерозміщений газовий обсяг. У машині є зворотна газова труба, відкрита на випускному отворі, пов'язана з виконаними в корпусі розливного елемента газовими трактами. У кожному розливному елементі виконаний некерований газовий тракт, щонайменше, з одним дроселем і перший керований газовий тракт, щонайменше, з одним першим керуючим клапаном. Зазначений зв'язок котла і зворотної газової труби забезпечує вибірковий розлив під тиском і без тиску.

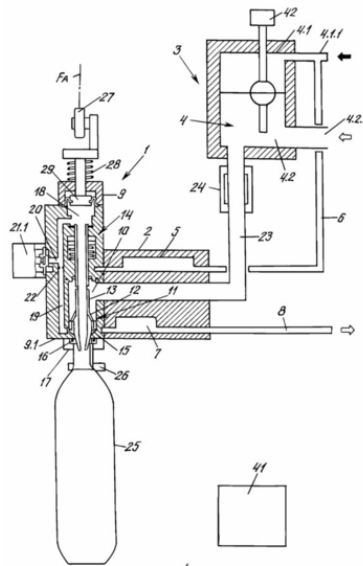


Рисунок 4.7 – Розливна машина обертального типу

Розглянена конструкція відрізняється тим, що в корпусі додатково до газових каналів передбачено другий керований газовий канал, який проходить між камерою і газовим каналом 1, в якому послідовно з дроселем розташований другий керуючий клапан газового тракту.

4.2 Літературний та патентний огляд та обґрунтування модернізації розливного автомату

Дана розливна машина, відноситься до обладнання карусельного типу з гравітаційним методом розливу і дозуванням за об'ємом. Оскільки в даному випадку виконується розлив лакового розчинника, пари якого потрапляють у навколишнє середовище і тим самим порушуються санітарно-гігієнічні умови, погіршується екологічна обстановка на виробництві.

При проведенні літературно-патентного огляду, обрано патент [14], суть якого полягає в тому, що за допомогою модернізованого закупорювального і розливного блоків та особливостей їх виконання можна підвищити продуктивність, а також покращити екологічність обладнання.

Позитивний результат досягається тим, що в апараті (рисунок 4.1), який включає стіл, блок управління апаратом з пневмосистемою та на верхній рухомій траверсі встановлений розливний блок, на нижній траверсі – закупорювальний блок, а гнізда для утримання пляшок за горлечка розташовані на поворотній каруселі під розливним блоком і блоком закупорювання пляшок. Голівки розливного блоку оснащені наливними трубками. Це все дає змогу підвищити продуктивність, а також знизити час контакту токсичного продукту з навколишнім середовищем.

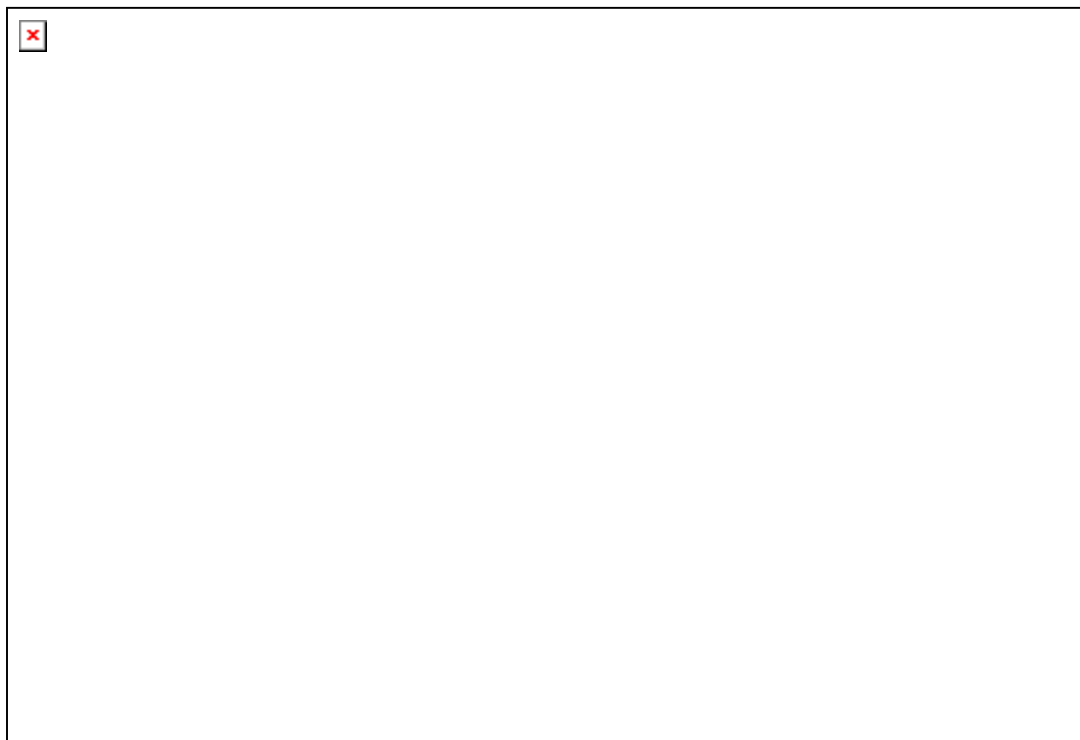


Рисунок 4.1 – Розливна машина

Апарат працює наступним чином. Траверси 7 та 8 відповідно розливного та закупорювального блоків знаходяться у верхньому початковому положенні. Нижній диск 12 каруселі встановлюють відповідно до розмірів пляшок 5 і фіксують механізмом 13 на трубі 10. В зоні закупорювання у гнізда встановлюються 3 порожні пляшки і вставляються кришки в головки закупорювального блоку. Далі оператор повертає за рукоятку 14 карусель на 180°, підводячи порожні пляшки в зону наповнення під головки 4 розливного блоку і вмикає розподільник потоків на опускання траверси 7 з розливним блоком. При русі траверси вниз автоматично вмикається розподільник потоків, який керує закупорювальним блоком.

Пневмоциліндр опускає траверсу 8 закупорювального блоку вниз. Одночасно розкручуються шпинделі головок з пробками. По закінченню часу закручування пробок на пляшках, пневмоциліндр повертає траверсу 8 в початкове верхнє положення. Оператор переводить розподільник потоків, який керує наливними клапанами в положення «розлив». Наповнення пляшок здійснюється через наливні трубки 15. Після наповнення пляшок, оператор переводить розподільник на закриття клапанів. Далі скидають тиск в пляшках і розподільник переводять у положення на підйом траверси 7 розливного блоку.

Обраний патент [14] відповідає темі дипломного проекту, на основі якого розроблюється задана модернізація. Дана розробка допоможе підвищити продуктивність розливної машини за рахунок зменшення часу між процесами розливу та закупорювання пляшки.

4.3 Літературний та патентний огляд та обґрунтування модернізації пластинчастого транспортеру

При проведенні патентного огляду була знайдено конструкцію вантажу - несучих пластин. Суть патенту [12] в тому, що на пластинах встановлені ролики оснащені шарикопідшипниками, котрі котяться при русі пластин. Вага вантажу, котрий знаходиться на пластинах та вага самої стрічки транспортера з пластинами, повністю передається через ролики на направляючі по котрим рухаються пластини. Впровадження такої конструкції пластин дозволяє суттєво зменшити тертя між пластиною та несучими направляючими, зменшує енергоємність транспортера, забезпечує можливість транспортування вантажів на великі відстані (Рисунок 4.2).

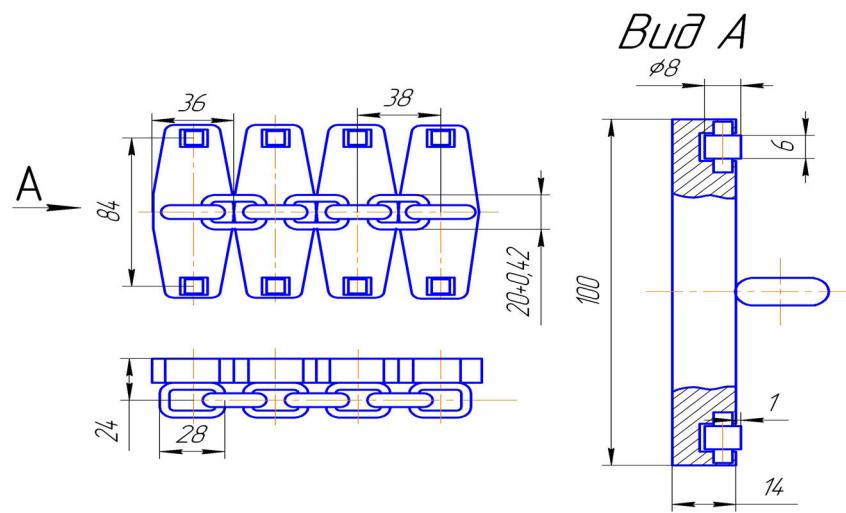


Рисунок 4.9 Несучі пластини пластинчатого транспортера

5 РОЗРАХУНКИ, ЯКІ ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ РОЗМІРИ

1.2 Параметричні та кінематичні розрахунки

1.1.1 Пластинчастий транспортер

Мета: визначити параметри клипасової передачі.

Розрахунок клинопасової передачі

Вихідні дані для розрахунку потужності [1], що передається ведучим шківом:

$$P_1 = P_{\text{д.сп}} = \frac{P_n}{\eta}.$$

де $\eta = 0,96$.

$P_{\text{д.сп.}} = 1,2$ кВт, частота обертання ведучого шківів $n_d = 3000$ об./хв,

$U' = U_1$ - попереднє значення передаточного числа клинопасової передачі $U_i = 5$

Згідно ГОСТ 12843 – 30 вибираємо переріз паса – А. Для прийнятого перерізу паса діаметр ведучого шківів $d_1 = 100$ мм.

Колова швидкість:

$$V = \frac{\pi d_1 n_1}{1000 \cdot 60} \leq [V] = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 3000}{1000 \cdot 60} = 15,7 \text{ м/с} \leq 30 \text{ м/с}$$

де d_1 – діаметр ведучого шківів

n_1 – частота обертання ведучого шківів

$[V]$ – допустима колова швидкість для даного перерізу паса, $[V] = 30 \text{ м/с}$.

Діаметр веденого шківів (орієнтовано):

$$d'_2 = d_1 U' (1 - \xi),$$

де ξ - коефіцієнт пружного ковзання паса, $\xi = 0,017$.

$$d'_2 = 100 \cdot 2,5 \cdot (1 - 0,017) = 246 \text{ мм}$$

За ГОСТ 20898 – 75 приймаємо $d_2 = 250 \text{ мм}$

Уточнюємо передаточне число:

$$U = \frac{d_2}{d_1(1-\xi)} = \frac{250}{100 \cdot (1-0,017)} = 2,54.$$

Відносна похибка передаточного числа:

$$\Delta = \left| \frac{U' - U}{U'} \right| 100\% \leq [\Delta] = 5\%,$$

$$\frac{2,5 - 2,54}{2,5} \cdot 100\% = 1,6\% < 5\%.$$

Фактична частота обертання веденого шківів:

$$n_2 = \frac{n_1}{U} = \frac{3000}{2,54} = 1181,1 \text{ об./хв};$$

Міжосьова відстань:

$$a' = k \cdot d_2 = 1,1 \cdot 250 = 275 \text{ мм};$$

де $k=1,1$.

При цьому необхідне виконання умови:

$$2(d_1 + d_2) \geq a' \geq 0,55(d_1 + d_2) + h,$$

де h – висота перерізу паса, $h=8 \text{ мм}$.

Розрахункова довжина паса:

$$L_p = 2 \cdot a' + \frac{\pi \cdot (d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a'} = 2 \cdot 275 + \frac{3,14 \cdot (250 + 100)}{2} + \frac{(250 - 100)^2 \cdot 4 \cdot 275}{4 \cdot 275} = 1119,9 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ 1284.1 – 80 приймаємо $L = 1120 \text{ мм}$.

Число обертів паса:

$$U = \frac{V}{L} \leq [U] = 15 \text{ с}^{-1};$$

$$U = \frac{15,7}{1,12} = 14,01 < 15 \text{ с}^{-1};$$

Відповідно прийнятій довжині паса уточнюємо міжосьову відстань:

$$a = 0,125 \left\{ 2L - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2L - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2} \right\} =$$

$$= 0,125 \cdot \left\{ 2 \cdot 1120 - 3,14 \cdot (250 + 100) + \sqrt{[2 \cdot 1120 - 3,14 \cdot (250 + 100)]^2 - 8 \cdot (250 - 100)^2} \right\} = 275 \text{ мм}$$

Кут обхвату ведучого шківа:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57,3^\circ \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} \geq [\alpha_{\min}] = 120^\circ$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57,3^\circ \cdot \frac{250 - 100}{275} \geq 149^\circ > 120^\circ$$

Потрібна кількість пасів:

$$Z' = \frac{P_1}{P_0 C_p C_\alpha C_l C_z} \leq 6.$$

P_0 - номінальна потужність, $P_0 = 0,6 \text{ кВт}$;

C_p - коефіцієнт динамічності та режиму роботи передачі, $C_p = 0,83$;

C_α - коефіцієнт кута обхвату, $C_\alpha = 0,92$;

C_l - коефіцієнт, що враховує вплив на довговічність довжини паса, $C_l = 0,86$;

C_z - коефіцієнт, що враховує число пасів у комплекті клинопасової передачі,

$$C_z = 0,95.$$

$$Z' = \frac{2,3}{1,2 \cdot 0,83 \cdot 0,92 \cdot 0,86 \cdot 0,95} = 3 \leq 6$$

Час кінематичного циклу каруселі:

$$T_{ц.к.} = \frac{3600 n_z}{Q} = \frac{3600 \cdot 10}{6000} = 6 \text{ с};$$

Де n_z – кількість гнізд,

Q – продуктивність.

Частота обертання каруселі:

$$n_k = \frac{60}{T_{к.ц}} = \frac{60}{6} = 10 \text{ об./хв};$$

Лінійна швидкість:

$$V_k = \frac{\pi D_k n_k}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10}{60} = 0,26 \text{ м/с};$$

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi n_k}{30} = \frac{3,14 \cdot 10}{30} = 1,04 \text{ рад/с};$$

Зірка подавальна:

$$t_k = \frac{2\pi}{n_z} = \frac{2 \cdot 180}{10} = 36^\circ;$$

$$t_z = \frac{2\pi}{n_{zp}} = \frac{2 \cdot 180}{10} = 36^\circ.$$

де t_k, t_z – крок відповідно каруселі і зірки.

Знаходимо частоту обертання, яку повинен забезпечувати електродвигун

АИР80А2У3 з частотним регулятором 1,5 кВт з частотою обертання 3000 об./хв

$$N_{\text{д}} = n_{\kappa} U_{4-3} U_{2-1} U_{\text{ред}} = 10 \cdot 6,25 \cdot 3 \cdot 16 = 3000 \text{ об./хв};$$

$U_{4-3}, U_{2-1}, U_{\text{ред}}$ – відповідно передаточні числа відкритих циліндричних передач і редуктора.

$$\omega_{\text{д}} = \frac{\pi n_{\text{д}}}{30} = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314 \text{ рад/с}.$$

Вибір електродвигуна

Загальне (приблизне) значення передаточного числа для двигуна:

$$\tilde{U} = \frac{3000}{n};$$

де n – частота обертання, $n = 600 \text{ об./хв}$.

$$\tilde{U} = \frac{3000}{600} = 5.$$

Виходячи з кінематичної схеми приводу, загальне передаточне число $U_0 = U_1$, де U_1 – передаточне число клинопасової передачі. Для клинопасової передачі рекомендований інтервал передаточних чисел $U = 2 \dots 5$, тому:

$$U_{\text{min}} = 2;$$

$$U_{\text{max}} = 5.$$

Порівнюючи загальні передаточні числа кожного з чотирьох електродвигунів з мінімальним максимальним передаточними числами та беручи до уваги умову $U_{\text{min}} < \tilde{U}_i < U_{\text{max}}$, отримаємо $U_i = 5$. Згідно ГОСТ 195823 – 81 вибираємо двигун 4A90L2Y3 з потужністю $P_{\text{н}} = 1,5 \text{ кВт}$; частотою обертання $n_{\text{д}} = 3000 \text{ об./хв}$.

Розрахунок споживаної потужності

Значний опір виникає за рахунок ущільнювачів, тому візьмемо його рівним опору зірок:

$$M_y = M_{зир} = 0,049 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$M_{конв} = 9,12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Сумарний момент опору дорівнює:

$$\Sigma M_{оп} = 9,5 + 2 \cdot 0,049 + 0,07 + 0,049 + 9,12 = 18,83 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Приведений момент:

$$M_{пр} = I \frac{\omega^2}{t_{розг}};$$

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 4}{30} = 0,42 \text{ рад/с};$$

Момент інерції каруселі:

$$I = G_k R^2 = 10006,2 \left(\frac{0,8}{2}\right)^2 = 4863 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

$$G_k = mg = 1020 \cdot 9,81 = 10006,2 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{пр} = I \frac{\omega^2}{t} + \Sigma M_{оп} = 4863 \frac{0,42^2}{0,7} + 18,83 = 1131 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Знаходимо потужність приводу:

$$N = N_{кар} + N_{конв};$$

де $N_{кар}$ – потужність каруселі, кВт;

$N_{конв}$ – потужність транспортера, кВт.

Потужність каруселі:

$$N_{\text{кар}} = \frac{M\omega}{1000\eta} = \frac{1131 \cdot 0,42}{1000 \cdot 0,74} = 0,64 \text{ кВт};$$

$W_t=986 \text{ Н}$ – тягове зусилля пластинчатого транспортера, Н.

Потужність транспортера:

$$N_{\text{конв}} = \frac{W_t V}{1000\eta} = \frac{986 \cdot 0,172}{1000 \cdot 0,64} = 0,27 \text{ кВт};$$

$$N = 0,64 + 0,27 = 0,91 \text{ кВт};$$

Отже, двигун до транспортеру підібраний вірно – 1,5 кВт

1.1.2 Розрахунок розливного автомату

Мета: визначити параметри розливного автомату.

Визначення часу наповнення пляшок рідиною при гравітаційному наповненню.

Гравітаційний метод розливу може здійснюватись з дозуванням рідини за об'ємом або за рівнем. В залежності від виду дозування час наповнення пляшки одним об'ємом змінюється.

Введемо наступні позначення [2]:

H_H – початкова висота рідини в резервуарі, $H_H = 0,079$;

μ – коефіцієнт витрати, $\mu = 0,89$;

H – змінна висота рідини;

f – площа перетину в дні каналу, $f = 0,000154 \text{ м}^2$;

$$\tau = \frac{2F\sqrt{H_H}}{\mu f \sqrt{2g}} = \frac{2FH_H}{\mu f \sqrt{2gH_H}} = \frac{2V}{\mu f \sqrt{2gH_H}},$$
$$\tau = \frac{2V}{\mu f \sqrt{2gH_H}} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{0,89 \cdot 154 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,079}} = 5,86 \approx 6 \text{ с},$$

Визначення часу наповнення дозувального стакану

$$\tau_c = \frac{2V}{\mu f \sqrt{2gh_n}} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 10^{-4}}{0,89 \cdot 154 \cdot 10^{-6} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 2,25}} = 2,97 \approx 3 \text{ с},$$

де h_n – відстань від днища витратного резервуару, см;

Повна висота напору в витратному резервуарі

$$H = H_l + h_n,$$

де H_l – глибина занурення поплавка в витратному резервуарі,

$$\gamma = \rho g;$$

$$\gamma = 0,8 \cdot 9,8 = 7,84 \text{ Н/см}^3;$$

$$H_l = \frac{4G}{\pi d_n \gamma} = \frac{4 \cdot 90}{3,14 \cdot 57 \cdot 7,81} = 0,25 \text{ см} = 2,5 \text{ мм},$$

де d_n – діаметр поплавка, $d_n = 57 \text{ см}$;

G – вага поплавка, $G = 90 \text{ Н}$;

ρ – густина розчинника, $\rho = 0,8 \text{ г/см}^3$;

γ – питома вага рідини, Н/см^3 .

$$H = 0,25 + 2,25 = 2,50 \text{ см.} = 25 \text{ мм.}$$

Продуктивність розливного автомату

Продуктивність автомата повинна відповідати існуючому параметричному ряду продуктивності лінії розливу рідин. При відомому часі наповнення пляшки

$\tau = 6$ с можна визначити час кінематичного циклу автомату:

$$T = \frac{360\tau}{\alpha} = \frac{360 \cdot 6}{125} = 17,275 \text{ с};$$

Продуктивність автомату визначаємо:

$$Q = \frac{3600}{T} m = \frac{3600}{17,275} \cdot 12 = 2500 \text{ пл./год};$$

де $m = 12$, кількість дозувальних приладів.

Необхідна кількість одночасно працюючих дозувальних приладів:

$$m^{\parallel} = \frac{Q\tau}{3600} = \frac{2500 \cdot 6}{3600} = 4,16 \approx 5 \text{ шт.}$$

ККД використання дозуючих приладів:

$$\eta = \frac{m^{\parallel}}{m} = \frac{5}{12} = 0,42;$$

Загальна довжина кола, яку проходять дозувальні прилади:

$$L = \pi D = 3,14 \cdot 0,416 = 1,306 \text{ м};$$

де $D = 0,416$ м – діаметр кола, проведений через центри дозувального приладу.

Кутова швидкість обертання каруселі автомата:

$$\omega = \frac{L}{\tau} = \frac{0,454}{6} = 0,076 \text{ об/с} = 4,54 \text{ об./год};$$

Розрахунок витрати рідини

Гідравлічний розрахунок автомата зводиться до визначення витрати рідини. З формули Шифрінсона коефіцієнт гідравлічного тертя по довжині газової трубки:

$$\lambda_r = 0,11 \left(\frac{1,46\Delta}{d_r} \right)^{1/4} = 0,11 \left(\frac{1,46 \cdot 0,014}{4} \right)^{1/4} = 0,0294,$$

де $\Delta=0,014$ мм – абсолютна шорсткість внутрішніх стінок газової трубки;

$d_r = 4$ мм – діаметр газової трубки.

Коефіцієнт витрати газового каналу:

$$\mu_r = \frac{1}{\sqrt{1 + \zeta_{\text{ex}} + \xi_{\text{пов}} + \lambda \frac{l_r}{d_r}}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 0,15 + 1,1 + 0,0294 \frac{13,6}{0,4}}} = 0,556,$$

де $\xi_{\text{вх.}}=0,15$ – коефіцієнт опору газової трубки;

$\xi_{\text{пов}}=1,1$ – коефіцієнт опору газової трубки з урахуванням повороту каналу на 90^0 ;

$L_{\Gamma}=13,6$ см – довжина газової трубки;

$\mu_s = 0,371$ – коефіцієнт витрати розливної системи;

$\mu_c = 0,376$ – коефіцієнт витрати зливного каналу.

Зниження витрати зливної системи складає:

$$\frac{\mu_c - \mu_s}{\mu_c} 100 = \frac{0,376 - 0,371}{0,376} 100 = 1,33\%.$$

Розрахунок потужності приводу для обертання каруселі автомату

Опір руху каруселі автомату від дії механізму підйому пляшок:

Z – кількість плунжерів, одночасно рухаючись по горизонтальній ділянці копіра за допомогою роликів, $Z=2$;

K – коефіцієнт тертя кочення підшипника ролика, $K=0,89$;

K^I – умовний коефіцієнт тертя кочення підшипника, переведений до валу, $K^I=0,8$;

d_k – діаметр кола по центрам роликів підшипників, $d_k=0,005$ м;

D – діаметр підшипника, $D=0,1$ м;

N – зусилля стискання пружини в плунжері, $N=300$ Н;

G – вага підйомного столика з пляшкою, наповненою рідиною, $G=30$ Н.

Сила опору перекочування роликів плунжерів по горизонтальній ділянці копіра:

$$P_1 = z(N + G) \frac{2K + K'd_k}{D} = 2 \cdot (300 + 30) \frac{2 \cdot 0,89 + 0,8 \cdot 0,005}{0,1} = 12012 \text{ Н}.$$

Сила опору перекочування роликів плунжеру по виступаючій ділянці копіра (з урахування кута підйому копіра):

$$P_2 = ((N + G_1) \sin \alpha + \cos \alpha \frac{2K + K'd}{D}) \frac{1}{\cos \alpha};$$

$$P_2 = ((300 + 25)0,707 + 0,707 \frac{2 \cdot 0,89 + 0,8 \cdot 0,005}{0,1}) \frac{1}{0,707} = 247,62 \text{ Н},$$

де α - кут підйому профілю копіра, $\alpha = 45^\circ$,

G_1 – вага підйомного столика з порожньою пляшкою, $G_1 = 25 \text{ Н}$.

Сумарна сила опору руху роликів, які знаходяться у контакті з копіром:

$$P = P_1 + P_2 = 12012 + 247,62 = 12259,62 \text{ Н}.$$

Крутний момент на валу каруселі, який виникає через опір механізму підйому пляшок:

$$M_{кр} = PR = 12259,62 \cdot 0,016 = 196,15 \text{ Н}\cdot\text{м},$$

де R – радіус копіра, $R = 0,016 \text{ м}$.

Потужність необхідна на перекочування роликів плунжерів по копіру:

$$N_1 = \frac{M_{кр} n}{7162 \cdot 1,36} = \frac{196,15 \cdot 4,54}{7162 \cdot 1,36} = 0,09 \text{ кВт},$$

де n – швидкість обертання валу об./хв.

Потужність необхідна на обертання каруселі, без врахування опору механізму підйому пляшок:

$$N_2 = \frac{G_2 K' \pi d_1 n}{6 \cdot 1000 \cdot 102} = \frac{5000 \cdot 0,8 \cdot 3,14 \cdot 22,8 \cdot 4,54}{6 \cdot 1000 \cdot 102} = 0,213 \text{ кВт},$$

де G_2 – вага всіх деталей каруселі і головного валу, Н;

K' - умовний, приведений до валу, коефіцієнт тертя кочення підшипника;

d_1 – діаметр кола, проведеного до центрів роликів підшипника головного валу, Н.

Потужність на валу автомата:

$$P_1 = \frac{N_1 + N_2}{\eta_k} = \frac{0,09 + 0,379}{0,8} = 0,378 \text{ Н}.$$

1.1.3 Розрахунок штампувально-закупорювального автомата

Мета: визначити параметри розливного автомату.

Продуктивність лінійних автоматів [3], для укупорювання пляшок з періодичним рухом конвеєра з пляшко носіями залежить від тривалості кінематичного циклу, по закінченні якого відбувається вивантаження пляшок з чергового носія, і від числа потоків (кількості пляшок у носії). Тому часову теоретичну продуктивність автомату можна виразити як частоту повторення кінематичних циклів:

$$Q = 3600 \frac{m}{\tau} = 3600 \frac{10}{6} = 6000 \text{ пл/год};$$

де m – кількість потоків у носія машини, $m=10$;

τ – тривалість кінематичного циклу, с.

Повний час кінематичного циклу автомату:

$$\tau = \tau_0 + \tau_1 \text{ с};$$

де τ_0 – тривалість спокою (простою) робочого органу, с;

τ_1 – тривалість руху робочого органу, с;

$$\tau_0 = \alpha \tau = 3600 \frac{\alpha m}{Q} \text{ с};$$

$$\tau_1 = \beta \tau = 3600 \frac{\beta m}{Q} \text{ с};$$

де α – тривалість циклу, який витрачається на зупинку;

β – тривалість циклу, який витрачається на рух.

В сучасних автоматах для очистки пляшок повний час кінематичного циклу коливається в межах 5,5 с до 14,4 с, а час руху робочого органу в середньому складає $\beta = 31,5\%$, час спокою – $\alpha = 68,5\%$, тому прийmemo, що час кінематичного циклу складає 6 с і розрахуємо час простою і руху робочого органу відповідно:

$$\tau_0 = \alpha \tau = 0,685 \cdot 6 = 4,11 \text{ с};$$

$$\tau_1 = \beta \tau = 0,315 \cdot 6 = 1,89 \text{ с}.$$

Важливим показником характеристики закупорювального автомату є повний час, протягом якого пляшки знаходяться в машині з моменту надходження її до моменту виходу. Тривалість технологічного циклу:

$$T = n\tau = 1 \cdot 6 = 6 \text{ с};$$

де $n = 1$ – кількість носіїв, завантажених пляшками.

Теоретичне число пляшок, які одночасно знаходяться в автоматі

$$M_{\text{т}} = \frac{QT}{3600} = \frac{6000 \cdot 6}{3600} = 10 \text{ шт.}$$

1.3 Розрахунки на міцність

Мета: визначити граничні навантаження складових конструкцій.

1.2.1 Розрахунок з'єднання горличка пляшки з пробкою

Основна умова надійного закупорювання [4], при якій з'єднання пляшки і пробки витримують осьове навантаження P , полягає у створенні потрібного тиску.

$$P = f\pi dl \text{ Н/мм}^2,$$

$$P = 0,45 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 1,2 = 0,5 \text{ Н/мм}^2,$$

де d і l – розміри з'єднувальних поверхонь пробки,

$$d = 0,3 \text{ мм};$$

$$l = 1,2 \text{ мм};$$

$f = 0,45$ – коефіцієнт тертя.

1.2.2 Розрахунок на міцність вала

Найбільш навантажений вузол дискового фільтра – осередковий вал [5].

Вихідні дані:

1. Обертальний момент $T=130 \text{ Н}$;
2. Максимальний вигинаючий момент $M = 185 \text{ Н}\cdot\text{м}$;
3. Діаметр вала $d = 60 \text{ мм}$.

Наведений або еквівалентний момент обчислюють по третій теорії міцності:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{185^2 + 130^2} = 226,11 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Розрахунок вала на спільну дію згину і крутіння:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{M_{\text{екв}}}{(0,1d^3)} \leq [\sigma_u];$$

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{226,11 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60^3} = 10,468 \text{ Н/мм}^2;$$

де $\sigma_{\text{екв}}$ — еквівалентна напруга для розрахункового перетину вала;

$[\sigma_u]$ — допустима напруга на вигин, $[\sigma_u] = 90 \text{ Н·м}$.

Отже, за результатом проведеного розрахунку умова міцності виконується.

2 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ НАДІЙНІСТЬ

2.1 Розрахунок безвідмовності

Мета: визначення зусиль, що діють в розливній машині.

Необхідно провести розрахунки до системи пружин, визначити та перевірити зусилля які повинні розвивати пружини, котрі задіяні в упорі пляшки.

Дослідивши зусилля, яке витримує пляшка без руйнування $F_{\text{пл}} = 750 \text{ Н}$, та за ГОСТ 1050-60 зусилля пружин в системі «розливний патрон - підйомні столики», а також їх кількість з конструкції вузлів можна провести розрахунок.

Зусилля яке створюють пружини в патроні:

$$G_{\text{р.п.}} = P_1 n_1 + P_2 n_2,$$

де P_1 – зусилля пружин, які знаходяться навколо стакану, $P = 5 \text{ Н}$;

n_1 – кількість пружин навколо стакану, $n_1 = 2$;

P_2 – зусилля пружин, які знаходяться навколо трубок, $P = 20 \text{ Н}$;

n_2 – кількість пружин навколо трубок, $n_2 = 1$.

$$G_{\text{р.п.}} = 5 \cdot 2 + 20 \cdot 1 = 30 \text{ Н.}$$

Визначимо зусилля, яке необхідно подолати на підйом підйомного столика з пляшкою:

$$g_{\text{ст}} = g_{\text{пл}} + g_{\text{р}} + g_{\text{с}},$$

де $g_{\text{пл}}$ – вага пляшки, $g_{\text{пл}} = 5 \text{ Н}$,

$g_{\text{р}}$ – вага рідини, $g_{\text{р}} = 5 \text{ Н}$,

$g_{\text{с}}$ – вага механізмів, які піднімаються пружинами, $g_{\text{с}} = 30 \text{ Н}$.

$$g_{\text{ст}} = 5 + 5 + 30 = 40 \text{ Н.}$$

Зусилля яке створюють пружини в підйомних столиках:

$$G_{\text{ст}} = P_3 n_3,$$

де P_3 – зусилля пружин підйомного столика, $P_3 = 170 \text{ Н}$,

n_3 – кількість пружин підйомного столика, $n_3 = 2$.

$$G_{\text{ст}} = 170 \cdot 2 = 340 \text{ Н.}$$

Зусилля яке необхідне для забезпечення герметичності в стику «дзвіночок–пляшка»:

$$Q = P \frac{\pi d^2}{4},$$

де P – тиск в системі, $P = 0,2 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$,

d – зовнішній діаметр горличка пляшки, $d_{\text{min}} = 0,025$, $d_{\text{max}} = 0,04 \text{ м}$.

Отже зусилля Q розраховуємо для мінімально та максимально допустимого зовнішнього діаметру горличка пляшки:

$$Q_{\text{min}} = 2 \cdot 10^5 \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 98,17 \text{ Н,}$$

$$Q_{\text{max}} = 2 \cdot 10^5 \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 251,3 \text{ Н.}$$

Зусилля необхідне для підймання поршня в розливному автоматі при

$P = 0,2 \text{ МПа}$:

$$F = PS,$$

де S – площа, котра покриває поршень з середини розливного патрону,

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 0,001257 \text{ м},$$

$$F = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,001256 = 251,4 \text{ Н}.$$

Зусилля, яке розвиває допоміжний пневматичний циліндр, для подолання сили на поршні в розливному автоматі внаслідок надлишкового тиску в системі

$P = 0,2 \text{ МПа}$:

$$F_{\text{ц}} = PS_{\text{п}},$$

$$F_{\text{ц}} = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,001256 = 251,4 \text{ Н};$$

де P – тиск який подається в середину допоміжного пневматичного циліндра,

$P = 0,2 \text{ МПа}$;

$S_{\text{п}}$ – площа поршня допоміжного пневматичного циліндра у поршневій порожнині, $S_{\text{п}} = 0,001256 \text{ м}^2$.

5.2 Розрахунки на міцність

Мета: визначити граничні навантаження складових конструкцій.

5.2.1 Розрахунок з'єднання горличка пляшки з пробкою

Основна умова надійного закупорювання [4], при якій з'єднання пляшки і пробки витримують осьове навантаження P , полягає у створенні потрібного тиску.

$$P = f\pi dl \text{ Н/мм}^2,$$
$$P = 0,45 \cdot 3,14 \cdot 0,3 \cdot 1,2 = 0,5 \text{ Н/мм}^2,$$

де d і l – розміри з'єднувальних поверхонь пробки,

$d = 0,3$ мм;

$l = 1,2$ мм;

$f = 0,45$ – коефіцієнт тертя.

5.2.2 Розрахунок на міцність вала

Найбільш навантажений вузол дискового фільтра – осередковий вал [5].

Вихідні дані:

1. Обертальний момент $T=130$ Н;
2. Максимальний вигинаючий момент $M = 185$ Н·м;
3. Діаметр вала $d = 60$ мм.

Наведений або еквівалентний момент обчислюють по третій теорії міцності:

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M^2 + T^2} = \sqrt{185^2 + 130^2} = 226,11 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Розрахунок вала на спільну дію згину і крутіння:

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{M_{\text{екв}}}{(0,1d^3)} \leq [\sigma_u];$$

$$\sigma_{\text{екв}} = \frac{226,11 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60^3} = 10,468 \text{ Н/мм}^2;$$

де $\sigma_{\text{екв}}$ — еквівалентна напруга для розрахункового перетину вала;

$[\sigma_u]$ — допустима напруга на вигин, $[\sigma_u] = 90 \text{ Н·м}$.

Отже, за результатом проведеного розрахунку умова міцності виконується.

5.3 РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ НАДІЙНІСТЬ

5.3.1 Розрахунок безвідмовності

Мета: визначення зусиль, що діють в розливній машині. Необхідно провести розрахунки до системи пружин, визначити та перевірити зусилля які повинні розвивати пружини, котрі задіяні в упорі пляшки. Дослідивши зусилля, яке витримує пляшка без руйнування $F_{\text{пл}} = 750 \text{ Н}$, та за ГОСТ 1050-60 зусилля пружин в системі «розливний патрон - підйомні столики», а також їх кількість з конструкції вузлів можна провести розрахунок. Зусилля яке створюють пружини в патроні:

$$G_{\text{р.п.}} = P_1 n_1 + P_2 n_2,$$

де P_1 – зусилля пружин, які знаходяться навколо стакану, $P = 5 \text{ Н}$;

n_1 – кількість пружин навколо стакану, $n_1 = 2$;

P_2 – зусилля пружин, які знаходяться навколо трубок, $P = 20 \text{ Н}$;

n_2 – кількість пружин навколо трубок, $n_2 = 1$.

$$G_{\text{р.п.}} = 5 \cdot 2 + 20 \cdot 1 = 30 \text{ Н.}$$

Визначимо зусилля, яке необхідно подолати на підйом підйомного столика з пляшкою:

$$g_{\text{ст}} = g_{\text{пл}} + g_{\text{р}} + g_{\text{с}},$$

де $g_{\text{пл}}$ – вага пляшки, $g_{\text{пл}} = 5 \text{ Н}$,

$g_{\text{р}}$ – вага рідини, $g_{\text{р}} = 5 \text{ Н}$,

$g_{\text{с}}$ – вага механізмів, які піднімаються пружинами, $g_{\text{с}} = 30 \text{ Н}$.

$$g_{\text{ст}} = 5 + 5 + 30 = 40 \text{ Н.}$$

Зусилля яке створюють пружини в підйомних столиках:

$$G_{\text{ст}} = P_3 n_3,$$

де P_3 – зусилля пружин підйомного столика, $P_3 = 170 \text{ Н}$,

n_3 – кількість пружин підйомного столика, $n_3 = 2$.

$$G_{\text{ст}} = 170 \cdot 2 = 340 \text{ Н.}$$

Зусилля яке необхідне для забезпечення герметичності в стику «дзвіночок–пляшка»:

$$Q = P \frac{\pi d^2}{4},$$

де P – тиск в системі, $P = 0,2 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па}$,

d – зовнішній діаметр горличка пляшки, $d_{\text{min}} = 0,025$, $d_{\text{max}} = 0,04 \text{ м}$.

Отже зусилля Q розраховуємо для мінімально та максимально допустимого зовнішнього діаметру горличка пляшки:

$$Q_{\text{min}} = 2 \cdot 10^5 \frac{3,14 \cdot 0,025^2}{4} = 98,17 \text{ Н,}$$

$$Q_{\text{max}} = 2 \cdot 10^5 \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 251,3 \text{ Н.}$$

Зусилля необхідне для підймання поршня в розливному автоматі при $P = 0,2 \text{ МПа}$:

$$F = PS,$$

де S – площа, котра покриває поршень з середини розливного патрону,

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 0,001257 \text{ м},$$

$$F = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,001256 = 251,4 \text{ Н}.$$

Зусилля, яке розвиває допоміжний пневматичний циліндр, для подолання сили на поршні в розливному автоматі внаслідок надлишкового тиску в системі

$$P = 0,2 \text{ МПа};$$

$$F_{\text{ц}} = PS_{\text{ц}},$$

$$F_{\text{ц}} = 2 \cdot 10^5 \cdot 0,001256 = 251,4 \text{ Н};$$

де P – тиск який подається в середину допоміжного пневматичного циліндра,

$$P = 0,2 \text{ МПа};$$

$S_{\text{ц}}$ – площа поршня допоміжного пневматичного циліндра у поршневій порожнині, $S_{\text{ц}} = 0,001256 \text{ м}^2$.

5.3.2 Математичне моделювання напружено-деформованого стану ланцюгової передачі

Мета: підбір конструкційних матеріалів втулочно-роlikової ланцюгової передачі на підставі розрахунків НДС із визначенням запасу міцності конструкції.

5.3.4 Постановка задачі

Систему стаціонарних диференціальних рівнянь статичної пружності для ізотропного матеріалу, яка включає рівняння руху і рівноваги, геометричне рівняння – тензор малих деформацій, та фізичне рівняння – узагальнений закон Гука, можна записати у символній формі таким чином [12, 13]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \hat{\sigma} + \rho \mathbf{b} = 0; \\ \hat{\varepsilon} = \frac{1}{2}(\mathbf{u} \nabla + \nabla \mathbf{u}); \\ \hat{\sigma} = \frac{E}{1+\nu} \left(\hat{\varepsilon} + \frac{\nu}{1-2\nu} \hat{\mathbf{I}} \text{tr}(\hat{\varepsilon}) \right), \end{array} \right. \quad (2.1)$$

де $\nabla = \frac{\partial}{\partial x_i}$, $i=1,2,3$ – оператор Гамільтона, м^{-1} ; x_i , $i=1,2,3$ – декартові координати, м; $\hat{\sigma}$ – симетричний тензор напружень другого рангу, Па; (\cdot) – оператор скалярного добутку тензорів; ρ – густина, кг/м^3 ; \mathbf{b} – вектор масових сил, наприклад, гравітаційних, Н/кг ; $\hat{\varepsilon}$ – симетричний тензор другого рангу пружних деформацій; \mathbf{u} – вектор переміщень, м; E – модуль пружності, Па; ν – коефіцієнт Пуасона; $\hat{\mathbf{I}}$ – одиничний тензор другого рангу; $\text{tr}(\cdot)$ – оператор сліду тензора.

Для врахування натягу можна скористатися температурним навантаженням окремих деталей конструкції. У цьому випадку узагальнений закон Гука системи рівнянь (2.1) набуває вигляду

$$\hat{\sigma} = \frac{E}{1+\nu} \left(\hat{\varepsilon} + \frac{\nu}{1-2\nu} \hat{\mathbf{I}} \text{tr}(\hat{\varepsilon}) \right) - \frac{E(2\nu-3)}{2(1+\nu)(2\nu-1)} \alpha \hat{\mathbf{I}} \Delta T,$$

де α – коефіцієнт лінійного температурного розширення матеріалу, К^{-1} ; ΔT – температурне навантаження, К.

Граничні умови для (2.1):

– переміщення або защемлення (хоча б в одній точці на поверхні тіла)

$$\mathbf{u}|_{S_u} = 0, \quad (2.2)$$

де S_u – поверхня (або точка поверхні), на якій задано переміщення;

– симетрії

$$\mathbf{n} \cdot \mathbf{u}|_{S_{su}} = 0, \quad (2.3)$$

де \mathbf{n} – вектор зовнішньої нормалі до поверхні тіла; S_{su} – поверхня симетрії тіла;
– зовнішні зусилля або вектор напруження

$$\hat{\sigma} \cdot \mathbf{n}|_{S_p} = \mathbf{p}, \quad (2.4)$$

де $\mathbf{p} = p^i$ – вектор напруження, що діє на поверхні S_p , Па;
– зовнішня сила, прикладена у точці тіла

$$\mathbf{F}_P = \int_{\Delta S_p} \hat{\sigma} \cdot \mathbf{n} dS, \quad (2.5)$$

де \mathbf{F}_P – вектор зовнішньої сили у точці P , Н; ΔS_p – елементарна площадка
поверхні тіла в околі точки P , м²;

– умови контактного типу записуються у вигляді таких нерівностей

$$\begin{cases} \mathbf{n}^+ \mathbf{u}^+ + \mathbf{n}^+ \mathbf{u}^- - \delta \leq 0; \\ \{\sigma^{(n)} \cdot \mathbf{n}\} \leq 0; \\ (\mathbf{n}^+ \mathbf{u}^+ + \mathbf{n}^+ \mathbf{u}^- - \delta) \sigma^{(n)} \cdot \mathbf{n} = 0; \\ |\sigma_\tau| \leq -f \sigma^{(n)} \cdot \mathbf{n}; \end{cases} \quad (2.6)$$

де δ – початковий зазор у напрямку нормалі до поверхонь, що контактують, м;
 $\sigma^{(n)} = \sigma \cdot \mathbf{n}$ – компоненти напруження у нормальному напрямку до поверхні
контакту, Па; $\sigma_\tau = \sqrt{|\sigma^{(n)}|^2 + (\sigma_n)^2}$ – тангенціальна складова напруження, Па;
 $\sigma_n = (\sigma \cdot \mathbf{n}) \cdot \mathbf{n} = \sigma^{(n)} \cdot \mathbf{n}$ – нормальне напруження на поверхні контакту, Па;
 f – коефіцієнт сухого тертя.

Перша нерівність (2.6) є умовою взаємного непроникнення тіл та пов'язано з силовим співвідношення (друга нерівність (2.6)), оскільки закриття зазору призводить до виникнення контактного тиску. Трете рівняння (2.6) відповідає нульовим контактним напруженням, що викликає роз'єднання контактних тіл. Четверта нерівність описує умови фрикційної взаємодії тіл (поверхневих напружень) у формі закону Амонтона-Кулона.

Співвідношення для визначення запасу міцності.

Еквівалентні напруження σ_{eqvM} за Мізесом визначаються за формулами:

$$\sigma_{\text{eqvM}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \sqrt{(\sigma_{11} - \sigma_{22})^2 + (\sigma_{22} - \sigma_{33})^2 + (\sigma_{33} - \sigma_{11})^2 + 6(\sigma_{12}^2 + \sigma_{23}^2 + \sigma_{13}^2)}, \quad (2.7)$$

де $\sigma_{ij}, i, j = 1, 2, 3$ – компоненти тензора напружень, Па.

Запас міцності F_s пластичних матеріалів визначається за формулою

$$F_s = \frac{[\sigma_T]}{\sigma_{\text{eqvM}}}, \quad (2.8)$$

де $[\sigma_T]$ – межа текучості матеріалу, Па; σ_{eqvM} – еквівалентне напруження за Мізесом (1.7), Па.

5.3.5 Вихідні дані

Параметри ведучої шестерні ланцюгової передачі.

Потужність $N = 1,5$ кВт

Частота обертання $f = 50$ с⁻¹

Дільний діаметр зубчатого колеса $d_w = 138 \cdot 10^{-3}$ м.

Фізичні властивості сталей, що використовуються у ланцюговій передачі.

Для виготовлення штифта та втулки використовується Сталь 45

модуль пружності – $E = 2 \cdot 10^5$ МПа ;

межа текучості – $\sigma_T = 360$ МПа;

коефіцієнт Пуассона – $\nu = 0,3$;

густина – $\rho = 7800$ кг/м³;

коефіцієнт лінійного температурного розширення – $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹;

Для виготовлення пластин ланцюга використовується Сталь 20

модуль пружності – $E = 2,13 \cdot 10^5$ МПа ;

межа текучості – $\sigma_T = 245$ МПа;

коефіцієнт Пуассона – $\nu = 0,3$;

густина – $\rho = 7800$ кг/м³;

коефіцієнт лінійного температурного розширення – $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5}$ К⁻¹;

Визначення колової сили:

Крутний момент на валу:

$$T = \frac{N}{2\pi f} = \frac{1500}{2\pi \cdot 50} = 4,775 \text{ Нм},$$

Сили зачеплення зубчатого колеса:

Колова сила:

$$F_t = \frac{2T}{d_w} = \frac{2 \cdot 4,775}{0,138} = 69,203 \text{ Н}.$$

яка необхідна для завдання граничної умови на штифті (у якості вузлової сили).

Визначення ΔT для завдання натягу при посадках штифтів та втулок у ланки ланцюгової передачі. Деформація ланки ланцюгової передачі в місці посадки штифта визначається за формулою

$$\varepsilon = \frac{\delta_n}{d_{\text{pin}}}.$$

За умови величини натягу $\delta_n = 5,04 \cdot 10^{-8}$ м і діаметра штифта $d_{\text{pin}} = 0,003$ м маємо, що

$$\varepsilon = \frac{5,04 \cdot 10^{-8}}{0,003} = 1,68 \cdot 10^{-5}.$$

Вважаючи, що $\varepsilon^T = \varepsilon$, тобто температурна деформація дорівнює деформації, яка спричинена посадкою з натягом. З іншого боку температурна деформація визначається співвідношенням

$$\varepsilon^T = \alpha \Delta T,$$

звідки отримуємо, що

$$\Delta T = \frac{\varepsilon^T}{\alpha} = \frac{\varepsilon}{\alpha}.$$

При $\varepsilon = 1,68 \cdot 10^{-5}$ і $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$ – $\Delta T = 1,4 \text{ K}$.

Величина ΔT використана для температурного навантаження штифтів і втулок для врахування деформації натягу у ланках ланцюгової передачі.

5.3.6 Результати числового аналізу НДС ланцюгової передачі

Для виконання розрахунків на міцність використано програмні продукти [14, 15] Ansys (Static Structural – Design Modeler, Mechanical), що побудовані на базі числового методу скінченних елементів (МСЕ). Результати побудови числової моделі МСЕ фрагменту ланцюгової передачі з врахуванням контактної взаємодії між ланцюгами та числового аналізу представлені на рисунках 2.1–2.7.

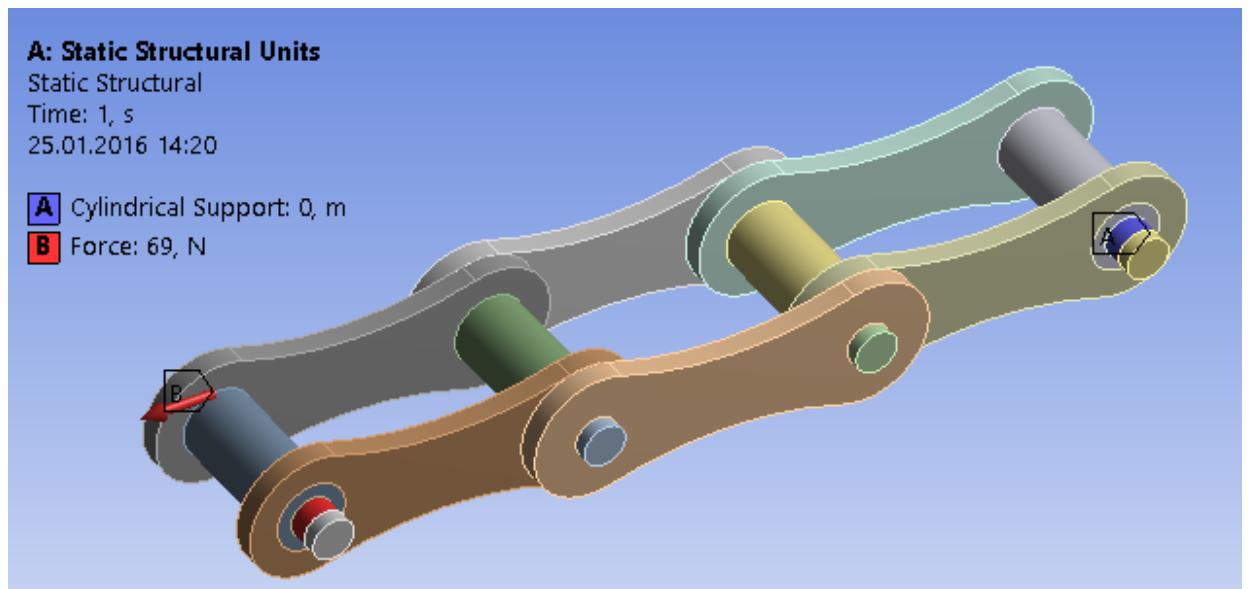
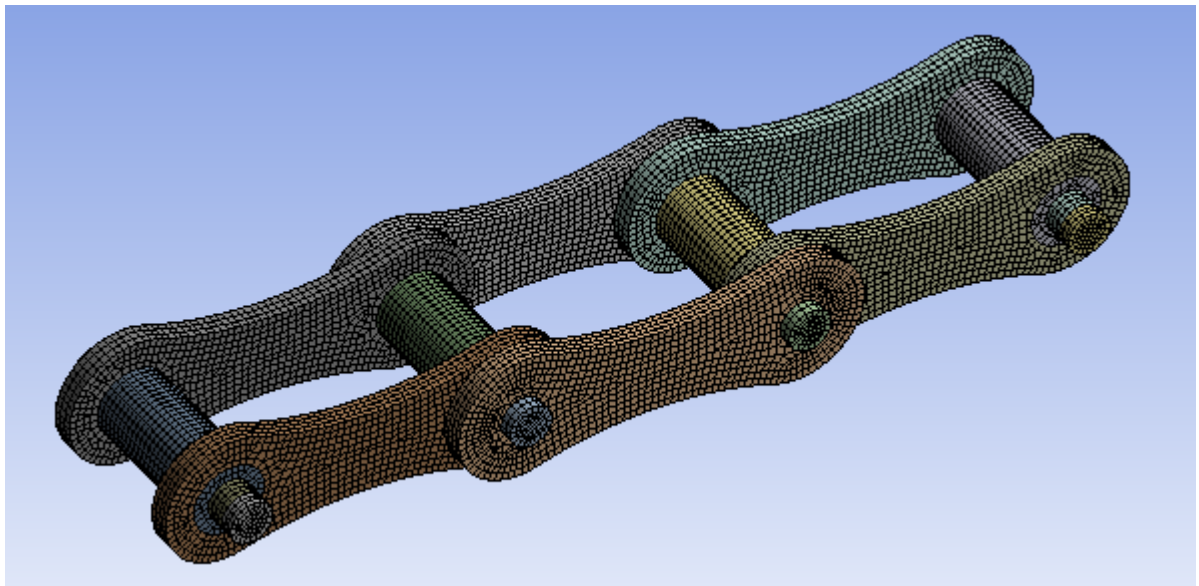


Рисунок 5.1 – Тривимірна модель ланцюгової передачі.
 Закріплення і навантаження



164091 – вузлів; 33218 – скінченних елементів

Рисунок 5.2 – Дискретизація моделі

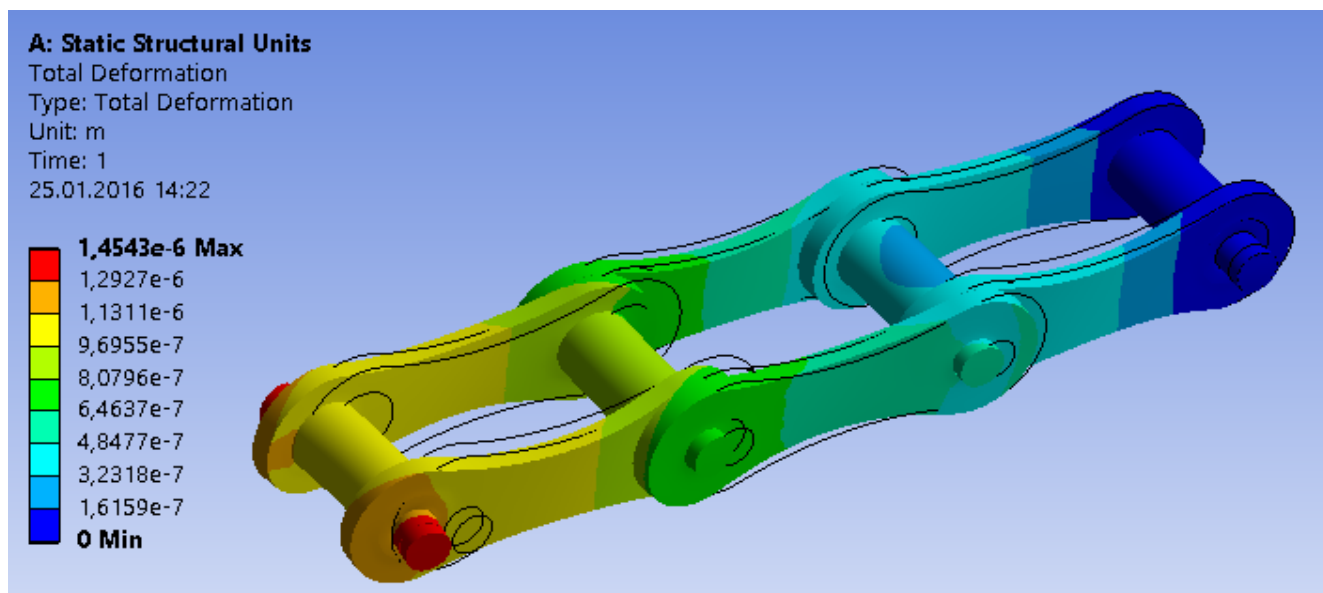


Рисунок 5.3 – Поле сумарних переміщень

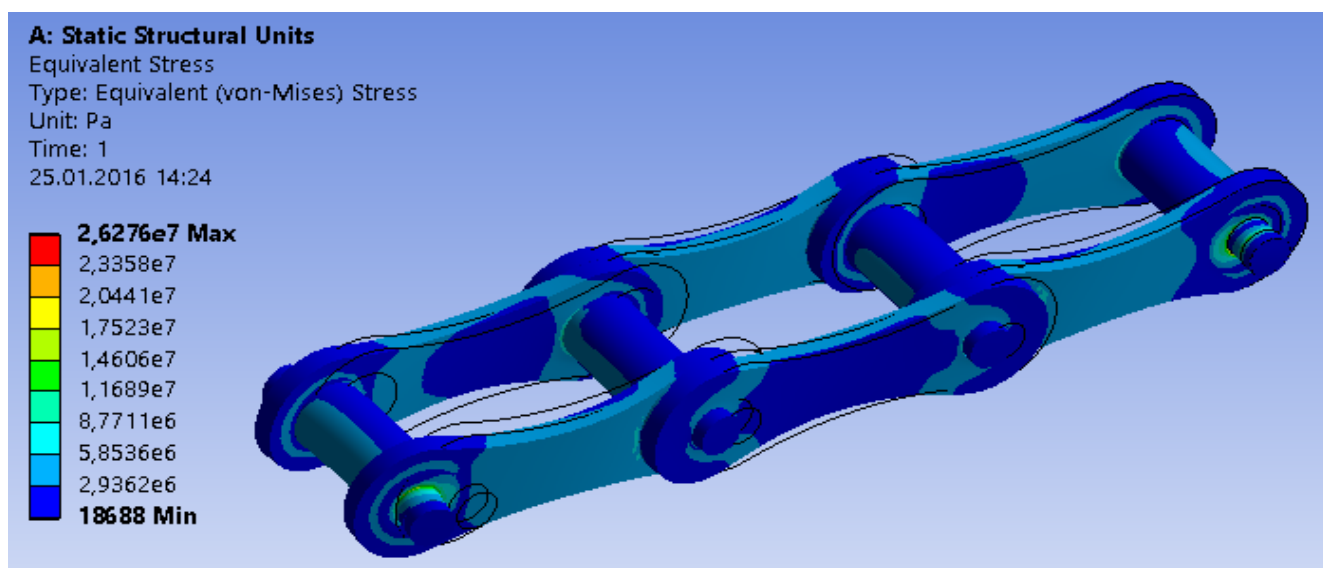


Рисунок 5.4 – Поле еквівалентних напружень за Мізесом

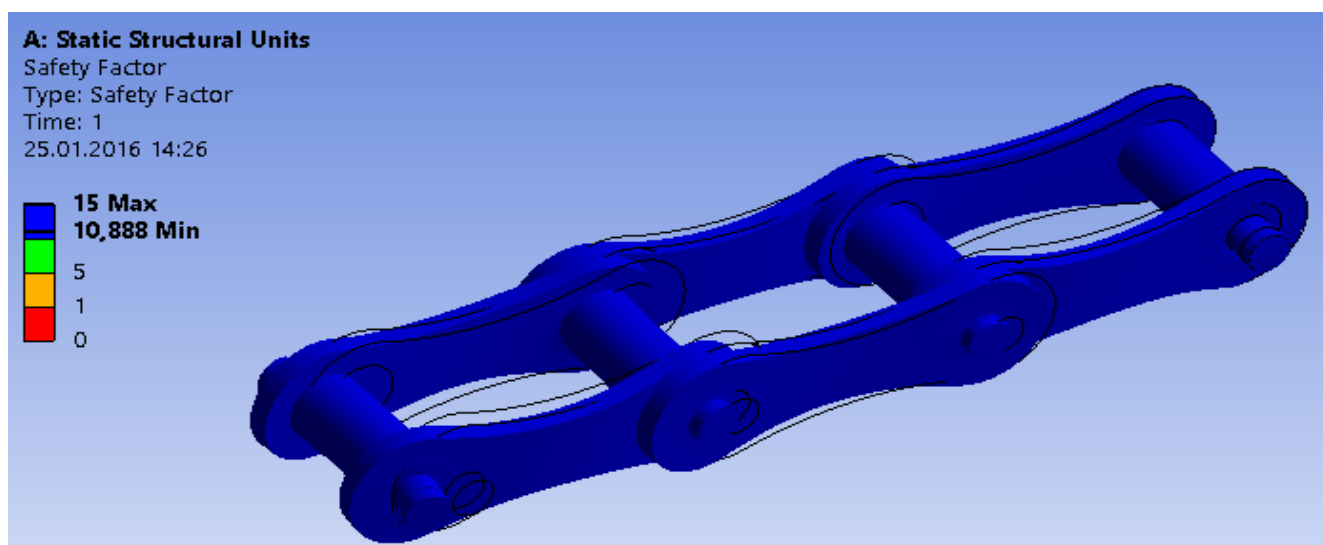
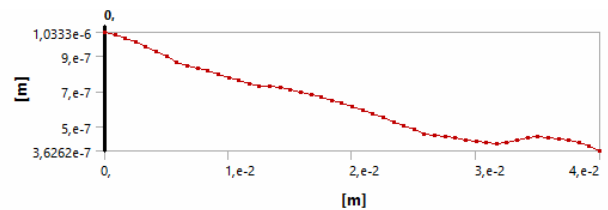
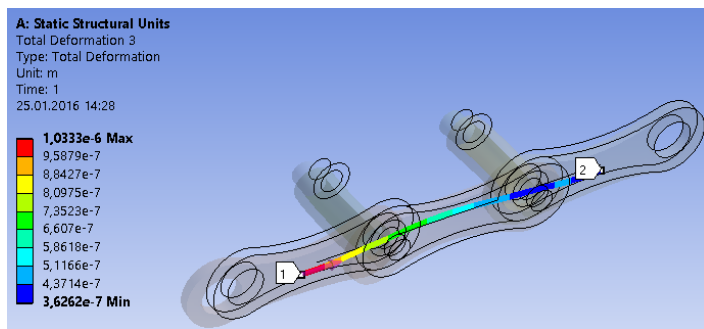


Рисунок 5.5 – Поле запасу міцності (понад 10)

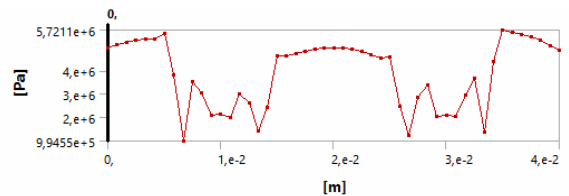
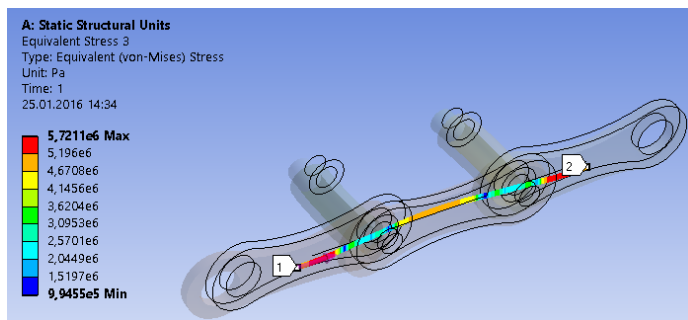


a

б

a – розміщення лінії для побудови епюри; *б* – графік

Рисунок 5.6 – Епюра сумарного переміщення



a

б

a – розміщення лінії для побудови епюри; *б* – графік

Рисунок 5.7 – Епюра еквівалентних напружень за Мізесом

Висновки

За результатами числового аналізу НДС встановлено, що запас міцності конструкції ланцюгової передачі ставить понад 10, що повинно забезпечити надійну і тривалу експлуатацію пластинчастого конвеєру, який спроектовано за патентом №2320525. Обрані матеріали сталь 45 для виготовлення штифта та втулки, та сталь 20 для виготовлення пластин ланцюга задовольняють усі умови міцності конструкції.

5.4 Розрахунок виконаний за допомогою мови програмування «СІ»

Визначення зусиль, які повинні розвивати пружини, котрі задіяні в упорі пляшки, та зусилля пружин в системі «розливний патрон - підйомні столики»

Вихідні данні до програми

$$d_{\min} = 0,25 \text{ м};$$

$$d_{\max} = 0,4 \text{ м};$$

$$n_1 = 1;$$

$$P_2 = 20 \text{ Н};$$

$$n_2 = 2;$$

$$g_{\text{пл}} = 5 \text{ Н};$$

$$g_p = 5 \text{ Н};$$

$$g_c = 30 \text{ Н};$$

$$P_3 = 170 \text{ Н};$$

$$n_3 = 2;$$

$$P = 0,2 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$P_1 = 5 \text{ Н};$$

$$P_a = 0,2 \text{ МПа};$$

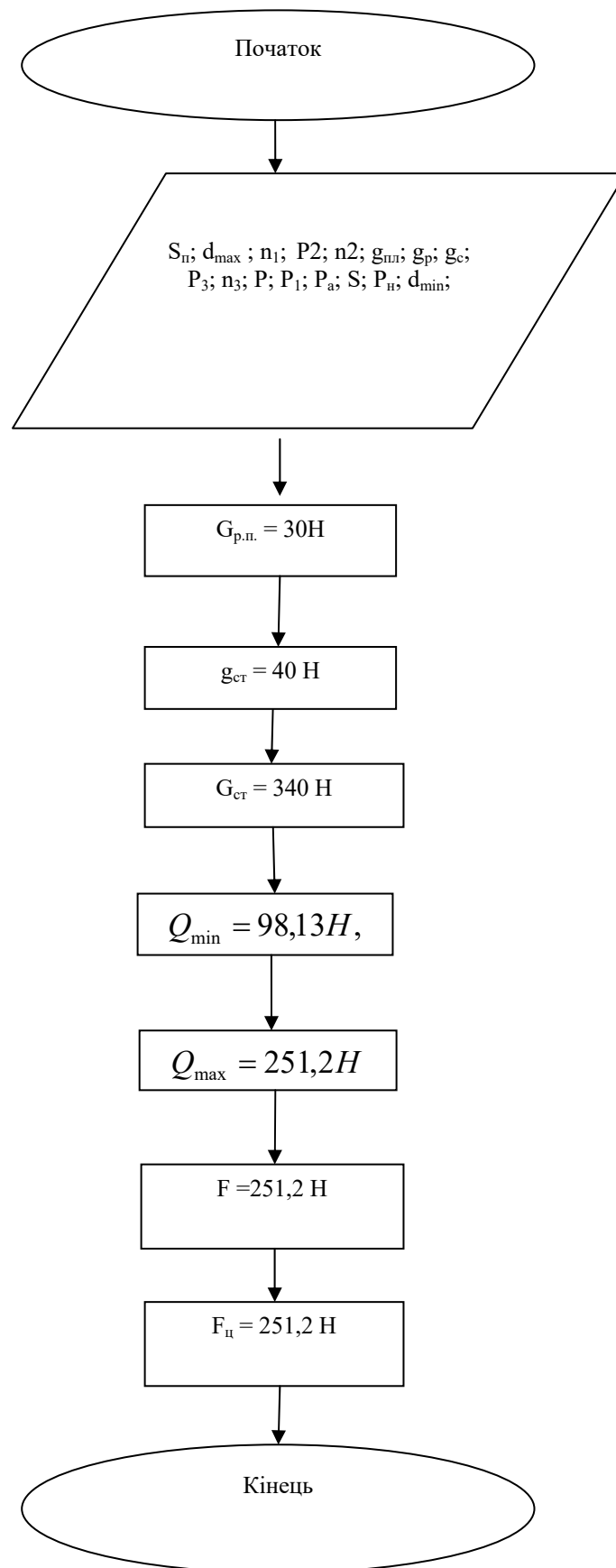
$$S = 0,001256 \text{ м}^2;$$

$$P_{\text{н}} = 0,2 \text{ МПа};$$

$$S_{\text{н}} = 0,001256 \text{ м}^2;$$

Лістинг програми розрахунку на мові «СІ»

Блок-схема алгоритму програми



Текст програми

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

double Fp1, GMst, Fc, gst, Grp, Qmin, Qmax, F;
double n1, n2, n3, p1, p2, p3, P, gpl, gp, gc, dmin, dmax;

void main()
{
FILE *fn;
fn=fopen("E:\\Stud\\lu-41\\Nov\\lab4\\data.txt", "r");
if((fn=fopen("data.txt", "r"))!=NULL)
{
    fscanf( fn, "%le", &p1 );
    fscanf( fn, "%le", &n1 );
    fscanf( fn, "%le", &p2);
    fscanf( fn, "%le", &n2);
    fscanf( fn, "%le", &p3);
    fscanf( fn, "%le", &n3);
    fscanf( fn, "%le", &P);
    fscanf( fn, "%le", &gpl);
    fscanf( fn, "%le", &gp);
    fscanf( fn, "%le", &gc);
    fscanf( fn, "%le", &dmin);
    fscanf( fn, "%le", &dmax);

}
else
```

```

{
    printf("file dont open");
}
fclose(fn);

Grp=P1*n1+p2*n2;
gst=gpl+gp+gc;
GMst=P3*n3;
Qmin=P*pi*pow(dmin,2)/4;
Qmax=P*pi*pow(dmax,2)/4;
S=pi*pow(dmax,2)/4;
F=P*S;

fn=fopen("E:\\Stud\\ly-41\\Nov\\lab4\\res.txt", "w");

if((fn=fopen("res.txt", "w"))!=NULL)
{

    printf(" Grp=", Grp, " gst=", gst, " GMst=", GMst, " Qmax=", Qmax, " F=", F);
    fprintf("\n");

}
else
{
    printf("file dont open");
}
}

```

Результати розрахунку

1. Зусилля яке створюють пружини в патроні – $G_{p.п.} = 30 \text{ Н}$;

2. Зусилля, яке необхідно подолати на підйом підйомного столика з пляшкою – $G_{\text{ст}} = 40 \text{ Н}$;
3. Зусилля яке створюють пружини в підйомних столиках – $G_{\text{ст}} = 340 \text{ Н}$;
4. Зусилля яке необхідне для забезпечення герметичності в стику «дзвіночок-пляшка»: $Q = 251,3 \text{ Н}$;
5. Зусилля необхідне для підймання поршня в розливному автоматі – $F = 251,4 \text{ Н}$.

ВИСНОВКИ: ЗУСИЛЛЯ ПРУЖИН, ЯКІ ЗНАХОДЯТЬСЯ В ВУЗЛІ РОЗЛИВНОГО АВТОМАТУ ТА В ВУЗЛІ ПІДЙОМНОГО СТОЛИКА БУЛИ РОЗРАХОВАНІ ЗА ДОПОМОГОЮ МОВИ «СІ»; ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РОЗРАХУНКУ МОЖНА ЗРОБИТИ ВИСНОВОК, ЩО ЗУСИЛЛЯ ЗАДОВОЛЬНЯЮТЬ РОБОТІ РОЗЛИВНОГО АВТОМАТУ ТА ЇЇ ВУЗЛІВ.

7 АВТОМАТИЧНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ

7.1 Опис лінії фасування лакових розчинників

При розробленні автоматизації враховано, що технологічна лінія призначена для розливу лакових розчинників, які за своєю природою являються вибухонебезпечними. Тому вирішено, що найбільш доцільно використовувати пневматику, оскільки даний тип є вибухобезпечний [16].

Був вибраний робочий цикл, який максимально точно відповідає роботі заданій технологічній лінії. Перелік усіх необхідних пристроїв для розробки автоматизації, приведений нижче (Таблиця 1).

Робочий цикл:

1 – 2 – $\overline{2}$ – 3 – $\overline{3}$ – 4 – $\overline{4}$ – 5 – $\overline{5}$ – 6 – $\overline{6}$ – 7 – $\overline{7}$ – $\overline{1}$

В усіх операціях використовуємо бістабільні розподільники. При спрацюванні 4 функціонального модуля, використовуємо реле тиску. При спрацюванні 3 функціонального модуля, використовуємо контроль по часу.

7.2 Розгляд функціональних модулів

Функціональний модуль 1 (ФМ1)

Призначений для вмикання пластинчастого транспортера. В якості виконавчого пристрою виступає поршневий, пневматичний циліндр двохсторонньої дії, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25 мм.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 1.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 5 – лінійний, 2 – позиційний, бістабільний.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 1.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) доцільно взяти розподільники 3 – лінійні, 2 – позиційні, моностабільні з роликовим натискачем і пружинним поверненням. Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 1.2 та 1.3

Функціональний модуль 2 (ФМ2)

Призначений для вмикання автомату для вилучення пляшок з ящиків. В якості виконавчого пристрою виступає поршневий, пневматичний циліндр двохсторонньої дії, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5 °С - +70 °С.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25 мм.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 2.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 5 – лінійний, 2 – позиційний, бістабільний. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 2.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) доцільно взяти розподільники 3 – лінійні, 2 – позиційні, моностабільні з роликовим натискачем і пружинним поверненням. Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 2.2 та 2.3

Функціональний модуль 3 (ФМ3)

Призначений для вмикання розливного автомата. В якості виконавчого пристрою виступає поршневий, пневматичний циліндр двохсторонньої дії, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5 °С - +70 °С.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25 мм.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 3.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 5 – лінійний, 2 – позиційний, бістабільний. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 3.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) доцільно взяти розподільники 3 – лінійні, 2 – позиційні, моностабільні з роликовим натискачем і пружинним поверненням. Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 3.2 та 3.3

Також на функціональний модуль ми встановлюємо контроль по часу, який контролює час розливу продукту. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 3.4

Функціональний модуль 4 (ФМ4)

Призначений для вмикання штампувально-закупорювального агрегату. В якості виконавчого пристрою виступає поршневий, пневматичний циліндр двохсторонньої дії, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5°С - +70°С.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25 мм.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 4.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 5 – лінійний, 2 – позиційний, бістабільний. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 4.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) доцільно взяти розподільники 3 – лінійні, 2 – позиційні, моностабільні з роликовим натискачем і пружинним поверненням: Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 4.2

На цей функціональний модуль встановлюємо реле тиску, що контролює тиск на даній машині. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 4.3

Функціональний модуль 5 (ФМ5)

Призначений для вмикання бракеражного автомата. В якості виконавчого пристрою виступає поршневий, пневматичний циліндр двохсторонньої дії, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25 мм. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 5.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 5 – лінійний, 2 – позиційний, бістабільний. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 5.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчика положення штока циліндра) доцільно взяти розподільник 3 – лінійний, 2 – позиційний, моностабільний з роликівим натискачем і пружинним поверненням.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 5.2

Функціональний модуль 6 (ФМ6)

Призначений для вмикання етикетувального автомата. В якості виконавчого пристрою виступає поршневий, пневматичний циліндр двохсторонньої дії, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25 мм.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 6.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 5 – лінійний, 2 – позиційний, бістабільний. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 6.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) доцільно взяти розподільники 3 – лінійні, 2 – позиційні, моностабільні з роликівим натискачем і пружинним поверненням: Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 6.2 та 6.3

Функціональний модуль 7 (ФМ7)

Призначений для вмикання автомата для завантаження пляшок в ящики. В якості виконавчого пристрою виступає поршневий, пневматичний циліндр двохсторонньої дії, одноштоковий.

Технічні характеристики приводу:

Максимальний робочий тиск – 12 бар (1,2 МПа)

Швидкість ходу поршня – 10 - 1000 мм/с,

Робоча температура -5°C - +70°C.

Діаметр поршня – 40 мм.

Хід – 25 мм.

Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 7.0

В якості керуючого пристрою використовуємо – розподільник 5 – лінійний, 2 – позиційний, бістабільний. Кількість – 1 шт.

Позначення на схемі – 7.1

В якості апаратів інформаційного рівня (датчиків положення штока циліндра) доцільно взяти розподільники 3 – лінійні, 2 – позиційні, моностабільні з роликовим натискачем і пружинним поверненням: Кількість – 2 шт.

Позначення на схемі – 7.2 та 7.3

Функціональні модулі 8,9,10,11 – Елементи пам'яті. Використовуються для ліквідації логічної невизначеності.

7.3 Виконання розробки логіки

Для знаходження логіки використовуємо метод функціонального графу.

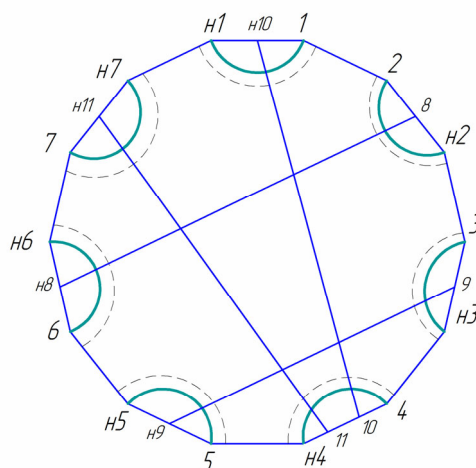


Рисунок 7.1 – функціональний граф

Керуючі команди:

$$y_1 = X \overline{10} \cdot (X_{cm.od.} + X_{cm.mp})$$

$$y_{\overline{1}} = X 7 \cdot X \overline{11} \cdot X \overline{8} \cdot X 10$$

$$y_2 = X 1 \cdot \overline{10} \cdot X \overline{8}$$

$$y_{\overline{2}} = X 8$$

$$y_3 = X \overline{2} \cdot X 8 \cdot X \overline{10} \cdot X \overline{9}$$

$$y_{\overline{3}} = X 9$$

$$y_4 = X \overline{3} \cdot X 9 \cdot \overline{10}$$

$$y_{\overline{4}} = X 11$$

$$y_5 = X \overline{4} \cdot X 11 \cdot X 9$$

$$y_{\overline{5}} = X \overline{9}$$

$$y_6 = X \overline{5} \cdot X \overline{9} \cdot X 11 \cdot X 8$$

$$y_{\overline{6}} = X \overline{8}$$

$$y_7 = X \overline{6} \cdot X \overline{8} \cdot X 11$$

$$y_{\overline{7}} = X \overline{11}$$

$$y_8 = X 2$$

$$y_{\overline{8}} = X 6$$

$$y_9 = X 3$$

$$y_{\overline{9}} = X 5$$

$$y_{10} = X 4$$

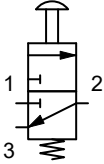
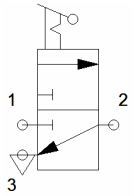
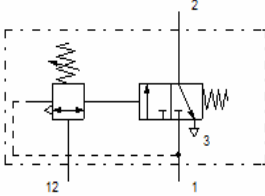
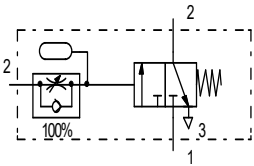
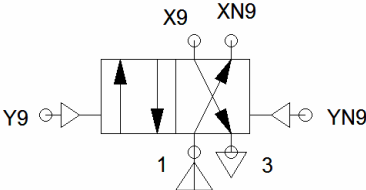
$$y_{\overline{10}} = X \overline{1}$$

$$y_{11} = X 10 \cdot X 4$$

$$y_{\overline{11}} = X 7$$

Таблиця 7.1 – Перелік застосованих пристроїв

№	Назва	Схема позначення	Фірма виробник	Маркування	Кількість
1	Пневмоциліндр двохсторонньої дії		«Pneumax»	1305.40.50.01 (ISO)	7
2	Розподільник 5/2, Бістабільний		«Festo»	Стандарт: ISO15407-1 Тип: VSVA/VSPA	7
3	Логічний елемент «І»		«Pneumax»	Стандарт: ISO 6431 Тип: ZK-1/8-B	1
4	Логічний елемент «або»		«Pneumax»	Стандарт: ISO 6431 Тип: OS-1/4-B	1
5	Компресор		«Pneumax»	Стандарт: ISO 6431 Тип: <u>AB100-850</u> <u>GX 340</u>	3
6	Розподільник моностабільний (датчик)		«Festo»	Стандарт: ISO 6431 Тип: SMx-8-SL	1

7	Розподільник моностабільний з ручною нефіксованою кнопкою		«Festo»	Стандарт: ISO 6431 Тип: TH/O-3-PK-3	1
8	Розподільник бістабільний з ручною фіксованою кнопкою		«Festo»	Стандарт: ISO 6433 Тип: MF/O-2-PK-3	1
9	Реле тиску		«Pneumax»	Стандарт: ISO 6431 Тип: PEV-1/4-B-M12	1
10	Реле часу		«Pneumax»	Стандарт: ISO 6431 Тип: VZO-3-PK-3	1
11	Елемент пам'яті		«Festo»	Стандарт: ISO 15743-2 Тип: MTH/VSPA	4

8. МОНТАЖ І ЕКСПЛУАТАЦІЯ

				<i>Операційна карта</i>							
№ цеху	№ участ.	№ міся	№ опер.	Найменування операції				<i>Устаткування</i>			
				Збирання редуктора							
№ пере- ходу	Зміст переходу				Технологічний режим		Пристосування		Інструмент		То
1	ГЛАВА 2 ПРОБКУ РІВНЯ 11, ПРОБКУ ЗЛИВАЛЬНУ 15 ЗАКРУЧУЄМО В КОРПУС 1				ГЛАВА 3 ПРОБКА РІВНЯ 11				Гайковий ключ		
					пробка зливна 15				S = 19		
					корпус 1				S = 24		
2	На вихідний вал 6 запресовуємо шпонку 9				вихідний вал 6				молоток		
					шпонка 9				підставка		
3	На вихідний вал 2 запресовуємо шестірню 3 і вдягаємо маслоз'ємне				шестірня 3		прес гідравліч.		надставка		
	кільце 16				кільце маслоз'єм 16		Q=70т.				
4	На вихідний вал 6 запресовуємо підшипник 7, підшипник 8				підшипник 7		прес гідравліч.		надставка		
					підшипник 8		Q=70т.				
5	Вихідний вал 6 у зборці монтуємо в корпус 1										
6	На вхідний черв'ячний вал 5 надіваємо маслоз'ємне кільце 22				кільце маслоз'ємне 22						
	і запресовуємо підшипник 17				підшипник 17						
7	Вхідний черв'ячний вал 5 в збірці поміщуємо в корпус 1										
8	Корпус 1 і кришку 4 з'єднуємо з болтами 18, шайба 20, гайка 19				болт 18, шайба 20				Гайковий ключ		
					гайка 19				S = 8		
							Розроб.	Рябошапка			Арк.

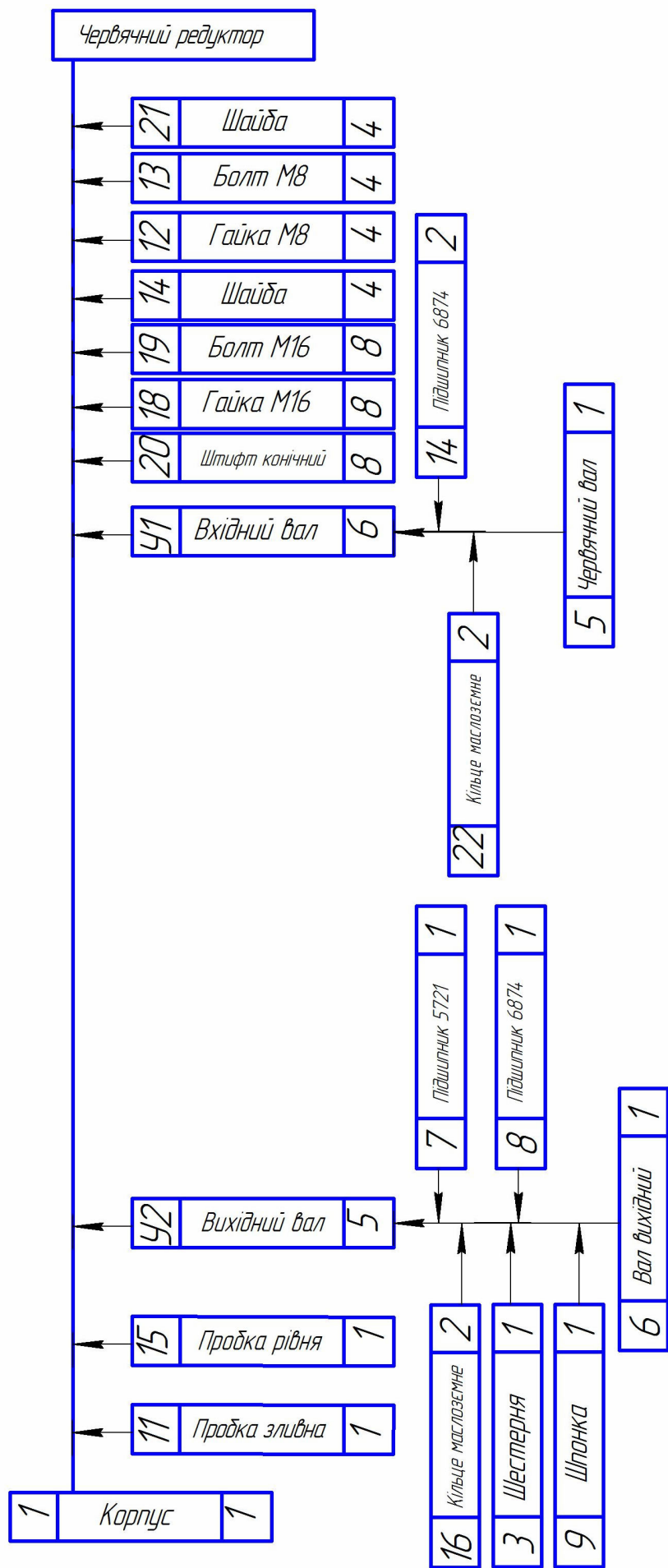
										Керівник	Коваленко			
										Н. Контр.				Ар-в
Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Затв.	Борщик			

				<i>Операційна карта</i> Слюсарних, слюсарно-складальних та електромонтажних робіт			
№ цеху	№ участ.	№ місяця	№ опер.	Найменування операції			<i>Устаткування</i>
				Збирання розливного автомата			
№ пере- ходу	Зміст переходу				Технологічний режим	Пристос ування	Інструмент
1	ГЛАВА 4 ВСТАНОВИТИ ПО РОЗМІТЦІ ФУНДАМЕНТНІ БОЛТИ 1, ТА ЗАЛИТИ				ГЛАВА 5	Кран 2т.	Ключ S32
	фундаментні колодязі 2						
2	Застропити, підняти та встановити станину 3 розливного автомата.					Кран 2т.	Ключ S32
	Наживити на фундаментні болти гайки, та зачекати затвердіння						Ключ S24
	бетону. Затягнути гайки.						
3	Застропити, підняти та встановити вузол 4 привідного шківa, та					Кран 2т.	Ключ S32

	вузол 5 веденого шківa на станину 3.												Ключ S24
	Прикріпити гвинтами привід. Застропити, підняти та												
	встановити привід 6 розливного автрмата. Надіти пасову передачу на												
	привідний шків.												
4	Застропити, підняти та встановити карусель з баком автомата7.										Кран 2т.		Ключ S42
5	Перевірити працездатність машини												
													Всього 880 хв.
											Розроб .	Рябошапка	
											Переві рив	Борщик	
											Н. Контр.		
МК	Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ докум	Пі дп ис	Дата	Затв.		

				Операційна карта						
№ цеху	№ участ.	№ місця	№ опер.	Найменування операції			Устаткування			
				Збирання редуктора						
№ пере- ходу	Зміст переходу			Технологічний режим		Пристосування		Інструмент		То
9	ГЛАВА 6 КОНІЧНИМИ ШТІФТАМИ 21 З’ЄДНУЄМО КОРПУС 1			штіфт 21				молоток		
				корпус 1						
10	Закріплюємо болт 12, гайку 14, шайбу 13			болт 12, гайку 14				Гайковий ключ		
				шайбу 13				S=17		

											Розроб.	Рябошапка			Арк.
											Керівник	Коваленко			
											Н. Контр.				Ар-в
	Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата	Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата	Затв.	Борщик			



<i>№ позиції</i>	<i>Найменування і позначення змащуємого вузла</i>	<i>Найменування змащувального матеріалу</i>	<i>Кількість точок змащу- вання</i>	<i>Спосіб нанесення мастила</i>	<i>Періодичність</i>	<i>Примітка</i>
1	Підшипники електродвигуна	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	2	Підшипники змащуютьс я шляхом набивки мастила в порожнину через спеціальні мастилки	Продуктивність централізованої системи змащування Q=125л/хв	
2	Змащення підшипників і зубчастих пар головного редуктора	Індустріальне мастило 20 ГОСТ 6267- 74	3	До місць змащування мастило попадає за допомогою спеціальних маслянок	Продуктивність централізованої системи змащування Q=400л/хв	Станції рідкого змащування обладнанні реле тиску , поплашковим и реле. Поплашкове реле контролює рівень масла на зливі від підшипників і рівень масла в відстійниках реле тиску контролює тиск в трубопроводах

3	Змащення підшипників привідного шківa	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	2	Підшипники змащуютьс я шляхом набивки мастила в порожнину через спеціальні мастилки	Поповнення мастилок проводити 1 раз в 8 днів	
4	Змащення підшипників веденого шківa	УС-3(Т) ГОСТ 1033-81	2	Шарніри муфти змащуютьс я шляхом набивки масла через спеціальні мастилки	Поповнення мастилок проводити 1 раз в місяць	
5	Змащення підшипників карусельного валу	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	4	Підшипники змащуютьс я шляхом набивки мастила в порожнину через спеціальні мастилки	Поповнення мастилок проводити 1 раз в 8 днів	
6	Змащення поворотного столика	ЦИАТИМ 221 ГОСТ 9633-80	1	Підшипники змащуютьс я шляхом набивки мастила в порожнину через спеціальні мастилки	Поповнення мастилок проводити 1 раз в місяць	

3

4

9 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В процесі трудової діяльності на організм людини чиниться своєрідний “тиск” несприятливими виробничими факторами, що прямо чи опосередковано впливають на її здоров’я та працездатність. Підприємства несуть особливу небезпеку для людини, адже повністю безпечних і нешкідливих процесів не існує. Реальні виробничі зусилля характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

При розробці й організації технологічних процесів [18], при конструюванні виробничого встаткування необхідно враховувати вимоги техніки безпеки й виробничої санітарії. Жоден зразок нової машини, механізму не може бути переданий у серійне виробництво, якщо він не відповідає вимогам охорони праці.

Темою дипломного проекту є «Лінія фасування лакових розчинників у ПЕТ-тару з модернізацією вузла розливу та закупорювання пляшок »

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі та обслуговуванні технологічної лінії є :

- повітря робочої зони;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум і вібрації;
- електробезпека;
- безпека технологічних процесів і устаткування;
- пожежна безпека.

Проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці, пожежо-вибухобезпеки, виробничої санітарії та екології.

Площа робочого приміщення $S = 60 \text{ м}^2$, $V = 480 \text{ м}^3$

9.1 Повітря робочої зони

У приміщенні передбачена безперервно діюча припливно-витяжна вентиляція. Оптимальний ГДК=350 мг/м³, за ГОСТ 12.1.005-88 при цьому фактична концентрація =150 мг/м³, що відповідає СНиП 2.04.05-91. ГОСТ 12.1.005-88.

У процесі фасування виділяються в повітряне середовище летучі продукти, що викликають роздратування слизової оболонки ока, носу, гортані, порушують функції центральної нервової системи, печінки, викликають удущія, різкий кашель, сухість і тріщини шкіри.

Наявність настільки несприятливих для організму людини шкідливих речовин у повітряному середовищі робочої зони вимагає здійснення ряду заходів шкідливих речовин, що забезпечують зміст, у межах норми відповідно до ГОСТ 12.1. 005-88/98.

Таблиця 9.1

Значення величин температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничого приміщення

Період року	Категорія робіт	Температура,	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
		Фактична	Фактична	Фактична
Холодний Період року	16	17-20	50-60	0,1
Теплий період року	16	22-25	50-60	0,2

До них відносяться:

1. Періодичний контроль стану повітряного середовища робочої зони шляхом узяття проб повітря й аналіз його стану в лабораторних умовах.

2. Для усунення пар та пилу шкідливих речовин у місцях їхнього виділення й недопускання їхнього поширення в приміщенні встановлюються зони витяжної вентиляції над автоматом.

3. Виробниче приміщення обладнане проточно-витяжною вентиляцією, що забезпечує видалення забрудненого повітря із приміщення й подачі в нього свіжого повітря.

4. Дотримання працівником правил експлуатації встаткування й норм техніки безпеки.

Для того, щоб забезпечити відповідний склад та безпеку праці робітника на ділянці фасування над дозатором встановлена місцева вентиляція (вентиляційна шафа), завдяки якій забруднене повітря виводиться з приміщення, а замість нього вводиться свіже зовнішнє або очищене повітря, тим самим і підтримується необхідна вологість повітря. Крім того, використовується також природна вентиляція, при якій подачу та віддалення повітря регулюють точно, згідно з зовнішніми метеорологічними умовами та у заздалегідь заданих об'ємах. Така вентиляція здійснюється через спеціально передбачені отвори у зовнішніх огорожах з використанням природних спонукаючих рухів повітря, гравітаційних сил та вітру.

Дані заходи дозволяють знизити концентрацію шкідливих речовин і повітря в зоні обслуговування до санітарних норм, установлених

ГОСТ 12.1.005-88 відповідно ДСН 3.3.6.042-99.

Для індивідуального захисту органів дихання від аеродисперсних часток (пил, дим, туман) та газоподібних сполук і парів в цеху використовуються респіратори типу «Снежок-ГП-В» та «Снежок-ГП-Е» при концентрації у навколишньому середовищі не більше 15 ГДК. При підвищеній концентрації шкідливих речовин у цеху використовують респіратори «Лепесток 200».

Необхідність обліку основних параметрів мікроклімату пояснюється необхідністю дотримання теплового балансу між організмом людини й навколишнім середовищем виробничих приміщень. Величина тепловиділення організму людини залежить від ступеня фізичної напруги в певних метеорологічних умовах.

9.2 Виробниче освітлення

Проектом передбачається штучне освітлення у всіх приміщеннях і на всіх площадках технологічної лінії.

Штучним джерелом освітлення промислового приміщення є дугові ртутні лампи ДРЛ-400 потужністю $N=400$ Вт, у кількості $n=4$ шт. і забезпечують світловий потік $\Phi=19000$ лм. Для зовнішнього освітлення планується використання світильників типу «Широкоизлучатель».

Охоронне, аварійне і ремонтне освітлення планується з використанням ламп розжарювання СПО-36/100, $N=40$ Вт, $\Phi=3600$ лм, тому що вони вигідні в експлуатації, не вимагають додаткових пристосувань для включення в мережу. Світильники аварійного освітлення живляться від незалежного джерела.

Для місцевого освітлення використовується вакуумна лампа розжарювання НВ, що дає освітлення $E=200$ лк. Згідно СН 181-70 для підвищення рівномірності розподілу яскравості у полі зору, стеля і стіни виробничих приміщень фарбуються у світлі тони: салатовий, яскраво-жовтий, кремовий, яскраво-зелений або бірюзовий. Виробниче устаткування фарбується в яскраво-зелені тони, частини що рухаються – яскраво-жовті, а відкриті механізми в яскраво-червоний колір. Фактичне значення штучного освітлення $E_{\text{ф}}=240$ лк, що відповідає нормам $E_{\text{ф}} > E_{\text{н}}$. ДБН В 2.5.2.8 – 2006.

Для контролю освітленості використовують люксметри Ю-116 не рідше ніж один раз у рік і кожного разу після ремонту освітлювальної установки.

9.3 Виробничий шум і вібрації

Працівники виробничих ліній по розливу лакових розчинників можуть піддаватися впливу шуму та вібрації, які викликані транспортуванням сировини, і готової продукції, а також роботою технологічного та допоміжного обладнання.

Джерелом шуму при роботі машини є:

- електродвигуни;
- приводи робочих органів.

В перелічених джерелах шуму рівень звуку $L=98-102$ дБА.

Приймаємо наступні міри до послаблення шуму:

- змащування всіх поверхонь, що труться ($\Delta L=6-7$ дБА);
- використання захисних засобів ($\Delta L=6-7$ дБА).

Рівень звуку на робочому місці згідно ДСН 3.3.6.037.

9.4 Електробезпека

Устаткування машини, що розробляється в проекті буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна. Згідно ПУЕ воно відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. На пульті управління машиніста напруга $U = 220/380$ В, частота $f = 50$ Гц. Тип електромережі - із ізольованою нейтраллю.

Основними причинами нещасних випадків від дії електричного струму на проєктованій ділянці є:

1. помилкове вмикання установки;
2. можливість виникнення крокової напруги;
3. пробій на корпус;
4. випадки дотику людей до відкритих частин електроустаткування, що проводять струм;
5. старіння ізоляції і втрата ізоляційних властивостей;
6. дотик до частин установки, які можуть виявитися під напругою у випадку короткого замикання.

Основними заходами захисту від ураження електричним струмом на ділянці експлуатації лінії є:

1. Забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (розташування їх на недоступній висоті), для випадкового дотику.

2. Використання щитків, спеціальних знаків небезпеки, що попереджують людину про наявність високої температури, можливості ураження електричним струмом і т.д. (кожному з пунктів небезпеки відповідає свій попереджувачий знак).

3. Організація безпечної експлуатації електроустаткування, перед роботою установку перевіряють спеціалісти, вона проходить пробну експлуатацію.

У зв'язку з тим, що на ділянці встановлюється трифазна з ізольованою нейтраллю мережа з напругою 380/220В, то для усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при замиканні на корпус використовується захисне заземлення. Захисним заземленням називають навмисне з'єднання із землею в мережах змінного струму з ізольованою нейтраллю чи в мережах постійного струму з ізольованою середньою точкою частин електроустановок, що за нормальних умов не знаходяться під напругою, але які можуть випадково виявитись під напругою по тим чи іншим причинам. Це з'єднання виконують провідником, який називають заземлюючим. Заземлюючий провідник приєднують до заземлювача, який має безпосереднє з'єднання з землею. При замиканні фази на корпус електроустаткування більша частина струму замикання пройде через заземлюючий провідник, а менша – через тіло людини, яка доторкнулась до електроустаткування, так як опір металевого провідника в кілька разів менше за опір тіла людини.

Недоступність струмоведучих частин на ділянці забезпечується огороженням і ізоляцією струмоведучих частин. Також елементарна мережа орієнтована на ділянці застосовуються захисні засоби. Для переносних інструментів застосовується напруга 42В, для світильників - 12В. В аварійному режимі використовуємо заземлення по ГОСТ 12.1.030-81. Біля затискачів заземлення нанесено незмивною фарбою знаки "земля" по ГОСТ124.026-76.

Захисне заземлення – це навмисне з'єднання з землею металічних частин обладнання, які не знаходяться під напругою у звичайних умовах, але які можуть опинитись під напругою в результаті порушення ізоляції електроустановки.

Розрізняють заземлювачі штучні, призначені виключно для заземлення, і природні, розміщені в землі металічні предмети іншого призначення (водопровідні труби, металічні елементи конструкції споруди, які мають надійне з'єднання із землею). Для штучних заземлювачів застосовують, зазвичай, вертикальні чи горизонтальні електроди. В даному цеху використовуються штучні заземлювачі.

З метою запобігання травм, застосовуються такі запобіжні заходи:

1. рубильник вмикання устаткування розміщено в спеціальній шафі;
2. передбачено спеціальне відключення електродвигунів, вентиляторів, нагрівачів у випадку ураження людини;
3. на панелі керування установки виведені сигнальні лампи індикації вмикання електроустаткування.

Електрична міцність ізоляції випробувана на іспитову напругу 200В частотою 50 Гц протягом однієї хвилини. Опір ізоляції не менше 0,5 МОм. Електрична апаратура встановлена усередині робочих приміщень має ступінь захисту IP-54 ГОСТ 14254-80. Ізоляція провідників вимірюється мегаометром 11044 ТУ25-04-798-81. Напруга вимірюється вольтметром 351512 ТУ25-04-970-80. Ступінь захисту електричної апаратури усередині приміщень контролюється по ГОСТ 14254-80.

9.5 Розрахунок захисного заземлення

Визначення опору розтікання струму одного заземлювача (труби):

$$R_{TP} = 0,366 \frac{\rho}{L_{TP}} \cdot \lg \cdot \frac{4L_{TP}}{d} ,$$

де $\rho = 3 \cdot 10^4$ Ом·м – питомий опір ґрунту;

$L_{TP} = 500$ см – довжина труби;

$d = 4$ см – зовнішній діаметр труби.

$$R_{TP} = 0,366 \frac{3 \cdot 10^4}{500} \cdot \lg \cdot \frac{4 \cdot 480}{4} = 60.2 \text{ Ом},$$

Знайдемо попередню кількість заземлювачів з урахуванням коефіцієнта сезонності і без урахування взаємного екранування заземлювачів:

$$\eta_{\text{ср}} \cdot n = \frac{R_{TP} \cdot \eta_C}{R_3} = n_{PP} ,$$

де $\eta_C=1.5$ – коефіцієнт сезонності;

R_3 – опір заземлювального пристрою по нормам:

$$R_3 = U_{PP} / I_{3A3} = 45 / 10 = 4.5 \text{ Ом},$$

де $U_{PP}=45$ В – допустима напруга доторку;

$I_{3A3}=10$ А – струм короткого замикання.

$$n_{PP} = \frac{60.2 \cdot 1.5}{4} = 22.575 \approx 23$$

Знаходимо значення коефіцієнта використання заземлювачів:

$$\eta_{\text{Е.ТР.}} = 0.67 \text{ при } d/l = 2.$$

Заземлювачі розміщені в ряд.

Дійсна кількість труб:

$$\eta = \frac{n_{TP}}{n_{\text{Е.ТР.}}} = \frac{22}{0.67} = 33 \text{ шт.}$$

Довжина з'єднувальної смуги (з перерізом $b=3$ см, $m=0.4$ см):

$$L_n = 1.05 a \cdot n,$$

$$L_n = 1.05 \cdot 10 \cdot 33 = 346.5 \text{ м.}$$

Опір розтіканню струму з'єднувальної смуги без урахування коефіцієнта її використання:

$$R_n = \frac{0.366 \rho}{L_n} \lg \frac{2Ln^2}{B}$$

$$R_n = \frac{0.366 \cdot 3 \cdot 10^4}{34650} \lg \frac{2 \cdot 34650^2}{3} = 3.1 \text{ Ом}$$

По співвідношенню а/1 та кількості заземлювачів знаходимо коефіцієнт використання з'єднувальної смуги

$$\eta_{\text{Е.П.}} = 0.56$$

Опір розтіканню струму всього заземлюючого пристрою:

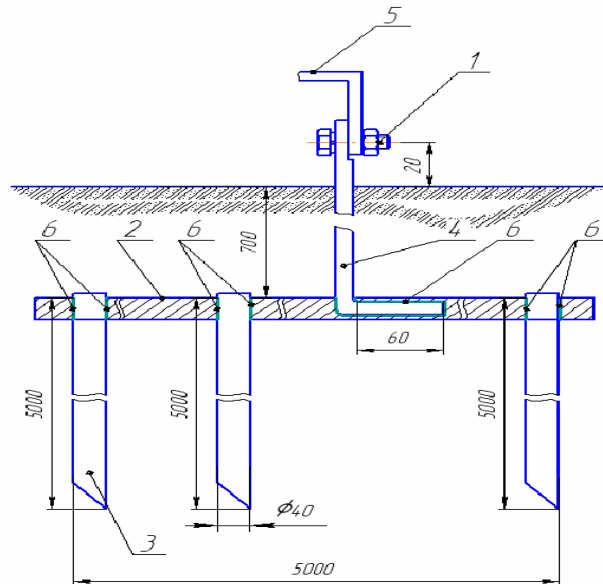
$$R_{3.Y.} = \frac{1}{\frac{\eta_{\text{Е.П.}}}{R_{\text{П}}} + \frac{\eta \cdot \eta_{\text{Е.ТР.}}}{R_{\text{ТР}}}},$$

$$R_{3.Y.} = \frac{1}{\frac{0.56}{3.2} + \frac{22}{60.2}} = 3.9 \text{ Ом}$$

Так як мережа живлення має такі характеристики 380/220 В, то найбільш допустиме значення опору заземлювача становить 4 Ом. Перевіримо, чи виконується нерівність

$$R_{3.Y.} = 3.9 \text{ Ом} < R_{\text{доп}} = 4 \text{ Ом}$$

Схема розміщення заземлюючих елементів показана на рисунку 7.1



1 – кріплення, болт М6, 2 – з'єднувальна смуга, 3 – заземлюючий електрод, 4 – заземлюючий провідник, 5 – мідний провід заземлення, 6 – зварний шов.

Рисунок 9.1 – Схема розміщення елементів захисного заземлення.

9.7 Безпека технологічних процесів і устаткування

Проектом передбачений ряд заходів для забезпечення безпечного проведення процесу:

Технологічна схема прийнята з мінімально-можливою кількістю апаратів при забезпеченні необхідної якості товарної продукції.

Передбачено продувку апаратів азотом для виключення утворення вибухонебезпечних сумішей при пуску в роботу чи зупинці устаткування.

Машини и автомати на лініях розливу та етикетування повинні мати огороження і пристосування, що запобігають пораненню обслуговуючого персоналу розбитим склом.

Трубопроводи, що розташовані на висоті більше 2 м, повинні бути обладнані стаціонарними чи пересувними площадками для обслуговування запірної арматури.

Апарати, обслуговування яких зв'язано з перебуванням на висоті, обладнаються промисловими площадками зі східцями, що мають поручень висотою 1 м.

Всі насоси (окрім відцентрових) оснащують пристроями, що запобігають перевищення тиску в нагнітальній комунікації більше розрахункової величини.

Поточні лінії обладнують центральними пультами, що забезпечують управління лініями у всіх технологічних режимах роботи. Приводи всього обладнання, що входить до складу поточних ліній, повинні заблокуватись таким чином, щоб у випадку непередбачуваної зупинки якої-небудь машини або конвеєра попередні машини автоматично відключались, а наступні працювали до повного видалення напівпродукту чи продукту.

Усі трубопроводи й устаткування, що має температуру зовнішніх поверхонь вище 60°C, у зонах обслуговування теплоізолюються

Для забезпечення електробезпечності застосовується електроустаткування, що відповідає умовам навколишнього середовища, у тому числі по вибухозахисту; виконується захисне заземлення електроустановок, захист від проявів статичної електрики, захисту від блискавки будинків і споруджень. На випадок виникнення аварійної ситуації передбачене відключення електроустаткування з розподіленою системою керування.

9.7 Пожежна безпека

Джерелом пожежної небезпеки є тверді горючі і важкогорючі матеріали, а саме полімери (поліпропілен, ПЕТ, поліетилен), температура загорання яких $t=300^{\circ}\text{C}$, температура самозагорання $t=360^{\circ}\text{C}$, згідно ГОСТ 12.1.044-89, які при взаємодії з киснем повітря здатні горіти.

Відповідно до ОНТП 24-86 категорія приміщення В. Технологічна лінія призначена для експлуатації в протипожежних зонах класу П-Па по ПУЕ. Вогнестійкість будівлі по СНиП 2.01.02-85 відповідає ступеню вогнестійкості II.

На технологічній лінії основними факторами виникнення пожежі можуть бути: недотримання персоналом правил технології розливу рідини; несправність електрообладнання; струм короткого замикання; перевантаження кабелів живлення; загорання ізоляції електропроводів; прямий удар блискавки у виробниче приміщення; нехтування правилами протипожежної безпеки на підприємстві.

Для забезпечення пожежної безпеки проектом передбачена система зв'язку й оповіщення, система пінного пожежогасіння, система протипожежного водопроводу, а також первинні засоби пожежогасіння.

Протипожежний водопровід забезпечує роботу зрошувальних систем з підключенням для пересувної пожежної техніки.

Для охолодження при пожежі резервуарів, що знаходяться поруч з місцем пожежі передбачені стаціонарні зрошувальні системи на усю висоту резервуарів і які складаються з двох напівкілець, що дає змогу охолоджувати тільки ту частину резервуарів, яка нагрівається. Пожежогасіння в резервуарах здійснюється за допомогою стаціонарної установки пінного підшарового пожежогасіння.

Зовнішнє пожежогасіння виробничого будинку здійснюється від пожежних гідрантів існуючої кільцевої протипожежної мережі.

Крім того, на установці передбачена наявність первинних засобів пожежогасіння: порошкових вогнегасників типу ОПС-6, ОП-1, СИ-120, пересувних вуглекисневих вогнегасників УП-1М, шухляд з піском.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачається евакуація людей через виходи цеху. Евакуаційні виходи розташовуються розосереджено. Ширина шляхів евакуації становить 3,5 м, ширина дверей 1,6 м. Двері еваковиходу повинні відкриватись на зовні, відповідно до СНиП 2.09.02-85. Будинок цеху обладнаний пожежними сходами; за СНиП 2.09.02.85. Видалення газів і диму з палаючих приміщень виробляється через віконні прорізи, а також димові люки.

Для гасіння пожеж будинок цеху обладнають пожежними гідрантами, вогнегасниками, стендами із засобами індивідуального пожежогасіння: багри, цебра,

лопати, ломи й пісок. Для оповіщення пожежної команди застосовується прямий телефонний зв'язок.

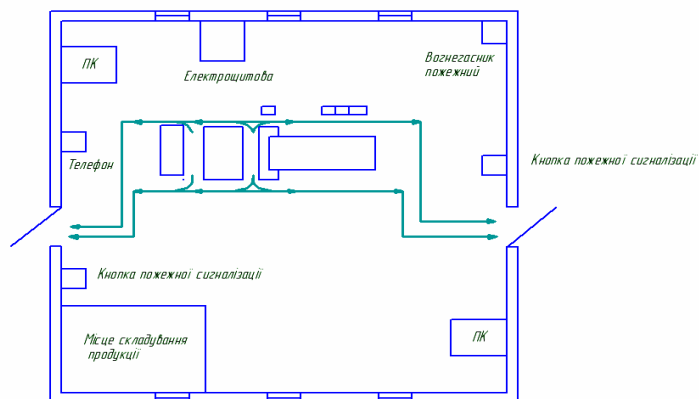


Рисунок 9.2 – план евакуації з приміщення

10 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

10.1 Методика розрахунків на базі чистої приведеної вартості проекту

Чиста приведена вартість проекту (NPV- Net Present Value) [17].

Поточна вартість майбутніх грошових потоків інвестованого проекту, яка розраховується з врахуванням дисконтування, за відрахуванням інвестицій:

$$NPV = \sum_{i=1}^N \frac{NCF_i}{(1+r)^i} - Inv, \quad (10.1)$$

де N – кількість періодів проекту (кількість років експлуатації електролізера); NCF_i – (Net Cash Flow, NCF) чистий грошовий потік для i -о періоду (року експлуатації), грн.; r – ставка дисконтування в десятковому виразі (вартість капіталу, залученого для інвестиційного проекту); Inv – початкові інвестиції в проект, грн.

Чистий грошовий потік NCF (Net Cash Flow) включає в себе тільки різниці поточних надходжень і витрат, пов'язаних з реалізацією проекту (сумарний грошовий потік інвестиційного проекту без обліку платежів, пов'язаних з його фінансуванням). В нашому випадку NCF за кожний місяць (рік) експлуатації буде визначатись, наприклад, за формулою:

$$NCF = A_{gc} \Delta C_{gc}, \quad (10.2)$$

де A_{gc} – щомісячний випуск банок, шт./міс.; ΔC_{gc} – зниження собівартості банки за рахунок економії газу, грн./шт.

Індекс прибутковості проекту (Profitability Index, PI) розраховується як відношення приведених доходів, які очікуються від інвестиції, до суми інвестиційного капіталу:

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^N \frac{NCF_i}{(1+r)^i}}{Inv}. \quad (10.3)$$

Термін окупності проекту (Pay-Back Period, *PBP*) (Час, який необхідний для покриття початкових інвестицій за рахунок чистого грошового потоку, який генерується інвестиціями з врахуванням дисконтування). Звичайно визначається графічно $NPV = f$ (терміну проекту) при $NPV = 0$. Для позначення *PBP* також використовується скорочення DPBP (Discounted Pay-Back Period) або *DPB* (Discounted Pay-Back).

Внутрішня норма рентабельності проекту (Internal Rate of Return, *IRR*). (Ставка дисконтування, при якій сумарна приведена вартість прибутків від здійснених інвестицій дорівнює вартості цих інвестицій). *IRR* визначається за формулою (простим підбором):

$$-Inv + \sum_{i=1}^N \frac{NCF_i}{(1+IRR)^i} = 0. \quad (10.4)$$

10.2 Економічна ефективність модернізації розливної машини

До основних чинників, що створюють економічну ефективність від впровадження модернізації розливної машини за патентом [14] належать:

1. Зменшення втрат розчинника фарби;
2. Зниження собівартості продукту.

Вихідні дані для проведення техніко-економічних розрахунків:

- початкові інвестиції проекту пов'язані з закупівлею нового пристрою розливу, її монтажем та організаційними витратами

$$Inv = 25000 \text{ грн};$$

- ставка дисконтування: $r = 20\%$;
- випуск пляшок за місяць: $A_{gc} = 735000$ пл./міс.;
- витрати рідини : $V = 486$ л/год;
- вартість лакового розчинника з ПДВ за 1000 л: $P = 30000$ грн;
- економія розчинника за рахунок інвестиційного проекту: $\Delta G = 5\%$, тоді за місяць: $\Delta V = V \cdot 0,05 \cdot 24 \cdot 30 / 1000 = 17,49$ л/міс.;
- зниження собівартості готового продукту (закупореної пляшки з розчинником) за рахунок економії лакових розчинників:

$$\Delta C_{gc} = \Delta V \frac{P}{A_{gc}} = 0,071 \text{ грн/шт.}$$

Результати.

Чистий грошовий потік NCF :

$$NCF = A_{gc} \Delta C_{gc} = 735000 \cdot 0,071 = 52,185 \text{ тис.грн/міс}$$

Термін окупності проекту (Pay-Back Period) – $PBP = 0,479$ міс. Дані з основних параметрів економічного розрахунку наведені на графіках (рисунки 10.1–10.3).

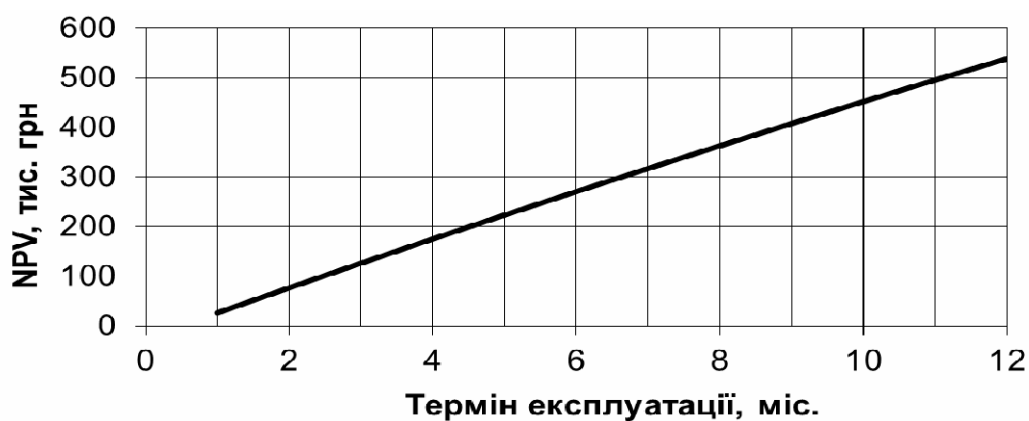


Рисунок 10.1 – Чиста приведена вартість проекту

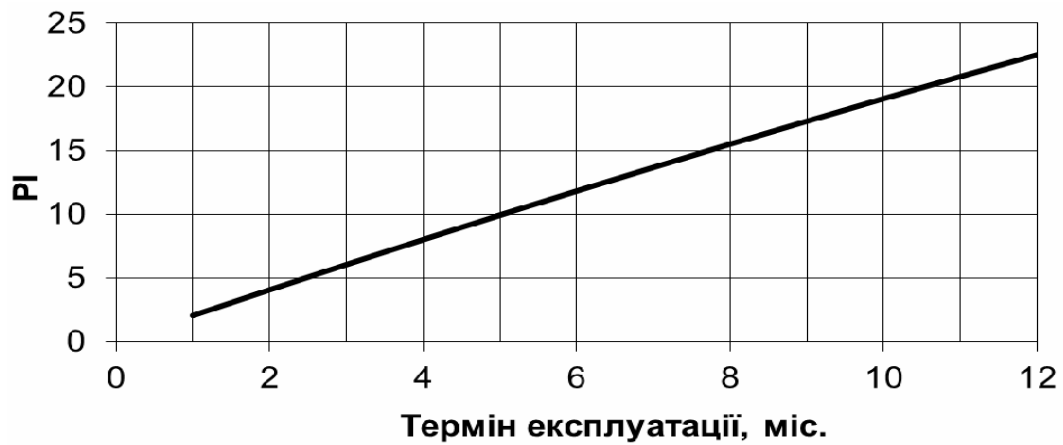


Рисунок 10.2 – Індекс прибутковості проекту

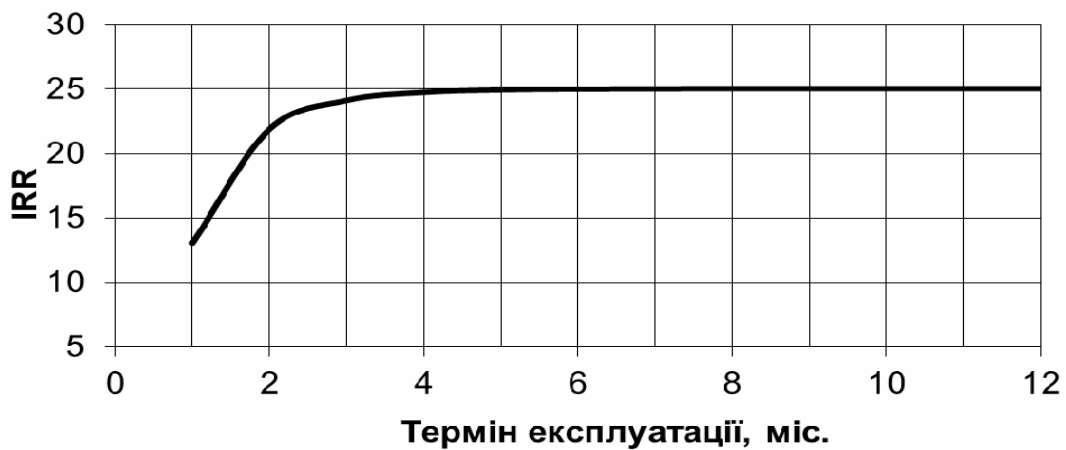


Рисунок 10.3 – Внутрішня норма рентабельності проекту

Висновки

- 1 Проект з модернізації розливної машини за патентом № 2266861 лінії фасування лакови розчинників є ефективним з інвестиційної точки зору, тому що його інтегральні ефекти інвестицій набагато більше нуля ($NPV \gg 0$) (див. рисунки 6.1, 6.4).
- 2 При модернізації розливної машини, а саме заміні розливного пристрою маємо такі економічні показники проекту: термін окупності – 0,479 міс при внутрішній нормі рентабельності 13,5-25, чиста приведена вартість проекту на кінець року складає 538,342 тис. грн, а індекс прибутковості проекту – 22,5.

ЛІТЕРАТУРА

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – М. : ГНТИ ХЛ, 1961.
2. Погрузочно-разгрузочные и транспортные операции на линиях розлива продуктов / А.И. Соколенко, М.И. Юхно, О.И. Ковальов и др. – М.: Агропромиздат, 1986. – 220с.
3. Исполнительные механизмы машин-автоматов для упаковки изделий: Справочник / В.А.Благодарский, М.С.Зиновьева, Н.С. Хатунцева. – М.: Машиностроение, 1980. – 302 с.
4. Машины для фасования жидкостей в бутылки / Ц.Р. Зайчик, В.А. Трунов, В.К. Яшин – М.: Агропромиздат, 1989. – 239 с.
5. Гавва О.М. Пакувальне обладнання / О.М. Гавва // Упаковка. – 2008. – 132 с.
6. Современное оборудование для упаковки химических продуктов / Ю.В. Бурляй, Л.А. Сухой, В.Ю. Жидонис и др. – М.: Пищевая пром., 1978.– 237 с.
7. Патент Україна №74149, МПК B65G17/00. Пластинчастий транспортер / Безсмертний Роман Станіславович; заявл. 07.02.2012; опублік. 25.10.2012. Бюл. №20.
8. Патент Україна №74150, МПК B65G17/00. Пластинчастий транспортер / Мікульонок Ігор Олегович; заявл. 07.02.2012; опублік. 25.10.2012.Бюл. №20.
9. Патент РФ №2425224, МПК E21F13/08. Пластинчатсий конвеєр / Тарасов Юрий Дмитриевич; заявл. 15.12.2009; опублік. 27.07.2011. Бюл. №21.
10. Патент РФ №2421388, МПК B65G17/06. Пластинчатсий конвеєр / Кариман Станіслав Олександрович; заявл. 10.08.2010; опублік. 20.06.2011.Бюл. №17.
11. Патент Україна №63161, МПК B65D41/34. Вузол закупорювання пляшки / Хортієв Артем Олександрович; заявл. 31.03.2011; опублік. 26.09.2011.

- Бюл. №18.
12. Патент Україна №101173, МПК B65D49/04. Вузол закупорювання пляшки з рідиною / Говорун Віктор Іванович; заявл. 30.03.2015; опублік. 25.08.2015. Бюл. №16.
13. Патент РФ №2358892, МПК B67C3/02. Розливна машина обертового типу / Клюссерат Людвиг; заявл. 08.04.2005; опублік. 20.06.2009. Бюл. №17.
14. Патент РФ № 2266861, МПК B67C3/02. Апарат для розливу і закупорювання рідин у пляшки / Бучик Сергей Александрович; заявл. 15.01.2004; опублік. 27.06.2005. Бюл. №36.
15. Патент РФ №2320525, МПК B65G17/06. Пластинчастий конвеєр/ Тарасов Ю.Д.; заявл. 11.09.2006; опублік. 27.03.2008. Бюл. №9.
16. Трегуб В.Г. и Терновыи А.В.. Наладка и эксплуатация систем автоматизации пищевых производств. К.: Техника, 1978. – 320 с.
17. Методичні вказівки до економічної частини дипломного проекту для студентів хіміко-машинобудівних спеціальностей. А. Е. Розенплентер, Т.В. Панішева. – Київ: КПІ, 2001. – 17 с.
18. Методические указания по технике безопасности для студентов машиностроительных специальностей. – Киев: КПИ, 1996. – 58с.
19. Основы технологии машиностроения ред. В.С. Корсаков М., Машиностроение, 1977 г.
20. Справочник технолога машиностроителя, т.1 и т.2, М., Машиностроение, 1972 г.
21. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках ч.1 и ч.2. Машиностроение, 1974 г.
22. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. М.. Машиностроение. 1974 г.
23. М.А. Ансеров. Приспособление для металлорежущих станков , М.-Л., Машиностроение, 1975 г.

24. Д.Н. Решетов. Детали машин. М., Машиностроение, 1974 г.
25. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарную обработку сборочные работы по сборке машин. Мелкосерийное и единичное производство. М. Машиностроение. 1973 г.
26. Методические указания по дипломному проектированию оборудования химического полимерного и силикатного производства. (раздел «Технология машиностроения») составили: Полух В.А., Малиновский В.В., Глаз П.Г. Киев, КПИ, 1981 г.
27. Методичні вказівки до лабораторних і самостійних робіт з курсу «Експлуатація ремонт і монтаж обладнання хімічних виробництв» Укладач: Коваленко І.В. –К:КПІ. 1994 г.
28. Гавва О.М., Беспалько А.П. Пакувальне обладнання. – К.: Упаковка, 2008.
29. Кодра Ю.В., Стоцько З.А., Гаврильченко О.В. Завантажувальні пристрої технологічних машин. Розрахунок і конструювання: Навч. пос. – Львів: „Бескид Біт”, 2008. – 356 с.
30. Классификационно-номенклатурный справочник упаковочного оборудования для химических продуктов /Ю.В.Бурляй, Л.А.Сухой, Т.М.Колоскова и др. – М.: Легкая промышленность, 1982. – 224 с.
31. Каталымов А.В., Любартович СВ. Дозирование сыпучих и вязких материалов. -Л.: Химия, 1990. – 240 с.
32. Благодарский В.А. Машины-автоматы для упаковки продуктов: Справочник. /В.А.Благодарский, Н.С.Колесник., М.С.Зиновьев – К.: Техника, 1985 – 229 с.
33. Погрузочно-разгрузочные и транспортные операции на линиях розлива /А.И.Соколенко, М.И.Юхно, О.И.Ковальов и др. - М.: Агропромиздат, 1986. – 220 с.
34. Опір матеріалів / Беляєв Н.М., 1965 – 124 с.
35. Д.Н. Решетов. Детали машин : Учебник для студентов машиностроительных и механических специальностей вузов. – 4-е изд.,

- перераб. и доп. – М.:Машиностроение,1989. – 496 с.
36. Пономарів С.Д. і ін. Розрахунки на міцність у машинобудуванні т.2, М. Машин., 1958. – 218 с.
37. Анурьев В.И. Довідник конструктора машинобудівника т.1., М., Машинобудування 1980. – 133 с.
- 38.Мейз Дж. Теория и задачи механики сплошных сред / Дж. Мейз ; пер. с англ. В. И. Свешниковой ; под ред. М. Е. Еглит. — М., Мир. — 1974. — 319 с.
- 39.Метод. вказівки до викон. комп'ютерних практикумів з практичних занять студентів з дисципліни «Проектування поточних ліній», для студ. спец. 7.05050206, 8.05050206 – «Машини і технологія пакування» / Уклад.: А.Я. Карвацький, Т.В. Лазарєв. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 35 с.
- 40.Ansys simulation Driven Product Development// Режим доступа: <http://www.ansys.com>.
- 41.Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды. Практическое руководство / Под. ред. проф А. К. Любимова. — Н. Новгород : изд. Нижегородского госуниверситета, 2006. — 227 с.